



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍCH STAVEB

INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

REKONSTRUKCE JEZU V OBCI BRANTICE

RECONSTRUCTION OF THE WEIR IN BRANTICE VILLAGE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Josef Filipi

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. HANA UHMANNOVÁ, CSc.

BRNO 2017



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

STUDIJNÍ PROGRAM	N3607 Stavební inženýrství
TYP STUDIJNÍHO PROGRAMU	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
STUDIJNÍ OBOR	3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby
PRACOVISŤE	Ústav vodních staveb

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

DIPLOMANT	Bc. Josef Filipi
NÁZEV	Rekonstrukce jezu v obci Brantice
VEDOUCÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE	Ing. Hana Uhmánová, CSc.
DATUM ZADÁNÍ	31. 3. 2016
DATUM ODEVZDÁNÍ	13. 1. 2017

V Brně dne 31. 3. 2016

.....
prof. Ing. Jan Šulc, CSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Podklady:

geodetické zaměření, projektová dokumentace návrhu úpravy toku, hydrologická data.

Literatura:

Raplík, M., Výbora, P., Mareš, K. (1989). Úprava tokov. Alfa. Bratislava.

Gabriel, P., Grandtner, T., Průcha, M., Výbora, P. (1989). Jezy. SNTL. Praha.

Výbora, P. (1985). Jezy. SNTL. Praha.

Čihák, F., Medřický, V. (2001). Hydrotechnické stavby 20. Navrhování jezů. ČVUT. Praha.

Kolář, V., Patočka, C., Bém, J. (1983). Hydraulika. SNTL/ALFA. Praha.

Raplík M., Výbora P., Mareš K. (1989). Úprava tokov, Alfa, Bratislava.

Mareš K. (1997). Úpravy toků, ČVUT, Praha.

Kolář, V., Patočka, C., Bém, J. (1983). Hydraulika. SNTL/ALFA. Praha.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ (ZADÁNÍ, CÍLE PRÁCE, POŽADOVANÉ VÝSTUPY)

V rámci připravovaných opatření na horní Opavě je v katastrálním území obce Brantice plánováno zvýšení ochrany obce před povodněmi. Součástí projektové dokumentace PPO obce je návrh úpravy koryta řeky Opavy a rekonstrukce stávajícího pevného jezu v říčním km 78,340 ve dvou variantách.

Diplomová práce je zaměřena na návrh další varianty rekonstrukce jezu, v rámci které bude uvažováno se zrušením stávající MVE a s využitím náhonu jako odlehčovacího kanálu. Součástí navrhovaného objektu bude také rybí přechod a sportovní vodácká propust. Navržené řešení ověřte hydrotechnickými výpočty, pro výpočet průběhu hladin nad a pod objektem jezu použijte podklady z projektové dokumentace „Opatření v úseku Brantice“, zaměřené na návrh úpravy koryta toku v řešené lokalitě.

Diplomová práce bude obsahovat:

Textovou část – Úvod, popis řešené lokality, hydrotechnické výpočty, návrh rekonstrukce jezu, zhodnocení návrhu, závěr.

Přílohy – výkresová dokumentace v rozsahu studie.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

.....

Ing. Hana Uhmánová, CSc.

Vedoucí diplomové práce

Abstrakt

Tématem diplomové práce je „Rekonstrukce jezu v obci Brantice.“ Teoretická část práce se svým zaměřením zabývá vymezením pojmů a uvedením vzorců souvisejících s návrhem rekonstrukce jezu. V praktické části byly provedeny tři návrhy rekonstrukce jezu, které byly matematicky podloženy, popsány a graficky zpracovány.

Abstract

Topic of Diploma thesis is „Reconstruction of the weir in the Brantice village.“ The theoretical part of their focus deals with the definition and putting patterns associated with the design-ing reconstruction of the weir. In the practical part were made three proposals reconstructions of the weir, which are mathematically based, graphically presented and discussed.

Klíčová slova

Balvanitý skluz, jez, návrh, průtok, rybí přechod.

Keywords

Boulder chute, weir, preliminary design, discharge, fishway.

Bibliografická citace VŠKP

Bc. Josef Filipi *Rekonstrukce jezu v obci Brantice*. Brno, 2017. 66 s., 53 s. příl.
Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních
staveb. Vedoucí práce Ing. Hana Uhmannová, CSc.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci „Rekonstrukce jezu v obci Brantice“ vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu použité literatury, která tvoří kapitolu této práce.

V Brně dne 13. ledna 2017

.....

Bc. Josef Filipi

Poděkování

Chtěl bych poděkovat vedoucí diplomové práce Ing. Haně Uhmannové, Csc. za její věcné připomínky k práci a též za pomoc při nasměrování k nalezení mé životní cesty. Děkuji!

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Údaje o území	2
2.1. Dosavadní využití a zastavěnost území jezu	3
2.2. Údaje o souladu s územně plánovací dokumentací.....	3
2.3. Přírodní poměry	4
2.3.1. Klimatické poměry.....	4
2.3.2. Srážky.....	4
2.3.3. Teplotní poměry	5
2.3.4. Hydrologické poměry	5
2.3.5. Geomorfologické a geologické poměry	6
2.3.6. Pedologie.....	6
2.3.7. Lesnictví.....	6
2.3.8. Čistota vod	7
2.3.9. Rybí pásma.....	8
3. Stavby za účelem vzduší vody.....	9
3.1. Rozdělení jezů	9
3.2. Pevné jezy	9
3.3. Pohyblivé jezy	11
3.4. Hydraulika přelivu	12
3.5. Balvanitý skluz.....	15
4. Řešení migračních překážek	17
4.1. Legislativa pro migrační průchodnost.....	17
4.2. Základní pojmy rybích přechodů	18
4.2.1. Rybí přechod	18
4.2.2. Přídavný průtok.....	18
4.3. Typy rybích přechodů	18
4.3.1. Přírodě blízké typy rybích přechodů.....	18
4.3.2. Technické rybí přechody.....	20
4.4. Návrh rybího přechodu	21
4.4.1. Umístění rybího přechodu.....	21
4.4.2. Návrhový provozní průtok	21

4.4.3. Sklon rybího přechodu	22
4.4.4. Hydraulický výpočet prvků rybího přechodu	22
5. Návrh rekonstrukce jezu	26
5.1. Stávající stav	26
5.2. Rekonstrukce jezu -varianta A	27
5.2.1. SO-01 Pevný jez.....	27
5.2.2. SO-02 Rybí přechod a sportovní vodácká propust	28
5.2.3. SO-03 Vtok do odlehčovacího kanálu	29
5.2.4. SO-04 Odlehčovací kanál	29
5.2.5. SO-05 Havarijní profil	29
5.3. Rekonstrukce jezu - varianta B	30
5.3.1. SO-01 Pevný jez.....	30
5.3.2. SO-02 Rybí přechod a vodácká propust	30
5.3.3. SO-03 Vtok do odlehčovacího kanálu	31
5.3.4. SO-04 Odlehčovacího kanál	31
5.3.5. SO-05 Havarijní profil	31
5.4. Varianta C	31
5.4.1. SO-01 Pevný jez.....	31
5.4.2. SO-02 Rybí rampa	32
5.4.3. SO-03 Vtok do odlehčovacího kanálu	32
5.4.4. SO-04 Odlehčovacího kanál	32
6. Hydrotechnické výpočty	33
6.1. Kalibrace modelu	33
6.2. Hladina stálého vzduší.....	35
6.3. Návrh pevného jezu.....	35
6.3.1. Proudnicový přeliv s přelivnou plochou dle Smetany	35
6.3.2. Lichoběžníkový přeliv	37
6.3.3. Balvanitý skluz.....	39
6.4. Návrh spodní stavby.....	40
6.4.1. Návrh hloubky vývaru	40
6.4.2. Návrh tloušťky vývarové desky	41
6.4.3. Návrh délky vývaru.....	42
6.5. Návrh rybího přechodu	42

6.5.1. Rybí přechod - varianta A	42
6.5.2. Rybí přechod - varianta B	43
6.5.3. Rybí přechod - varianta C	44
6.6. Návrh vodácké propusti	45
6.6.1. Vodácká propust - varianta A	46
6.6.2. Vodácká propust - varianta B	46
6.6.3. Vodácká propust - varianta C	47
6.7. Návrh odběrného objektu do odlehčovacího koryta	48
6.7.1. Odběrný objekt - varianta A, B	48
6.7.2. Varianta C	48
6.8. Posouzení stability	49
6.8.1. Bezpečnost proti vyplavání	49
6.8.2. Posouzení proti prolomení vývarové desky	51
6.8.3. Délka obtékaného obrysu	52
6.9. Rozdělení průtoků	53
6.9.1. Rozdělení průtoků - varianta A	53
6.9.2. Rozdělení průtoků - varianta B	54
6.9.3. Rozdělení průtoků - varianta C	54
6.9.4. Posouzení rozdělení průtoků	54
6.10. Zkapacitnění odlehčovacího kanálu	55
6.10.1. Návrh balvanitého skluzu namísto MVE	56
6.11. Zhodnocení navržených variant	57
7. Závěr	59
8. Seznam použitých zdrojů	61
9. Seznam tabulek	63
10. Seznam obrázků	64
11. Seznam grafů	65
12. Seznam příloh	66

1. Úvod

V rámci projektu Ochrana před povodněmi v povodí horní Opavy byla v předcházejících letech zpracována rozsáhlá projektová dokumentace zaměřená na snížení povodňových rizik v povodí Opavy, které bylo výrazně zasaženo katastrofální povodní v roce 1997. Klíčovou součástí navržených vodohospodářských projektů je i vodní dílo Nové Heřminovy. *Opatření na horní Opavě* (OHO) zahrnuje technická protipovodňová opatření a také opatření vedoucí ke zlepšení vodního režimu v krajině a opatření k omezení vodní eroze a revitalizace. Soubor opatření zahrnuje také obec Brantice, kde se předpokládá v rámci realizace protipovodňové ochrany obce také s rekonstrukcí stávajícího pevného jezu. Návrhový průtok pro realizaci protipovodňové ochrany (dále PPO) v katastrálním území obce Brantice po výstavbě VD Nové Heřminovy se předpokládá na úrovni $Q_{\text{návrh}} = 120 \text{ m}^3/\text{s}$.

V roce 2010 byla firmou Pöyry Environment a. s., dnes Aquatis a. s., vytvořena projektová dokumentace návrhu protipovodňové ochrany pro obec Brantice.

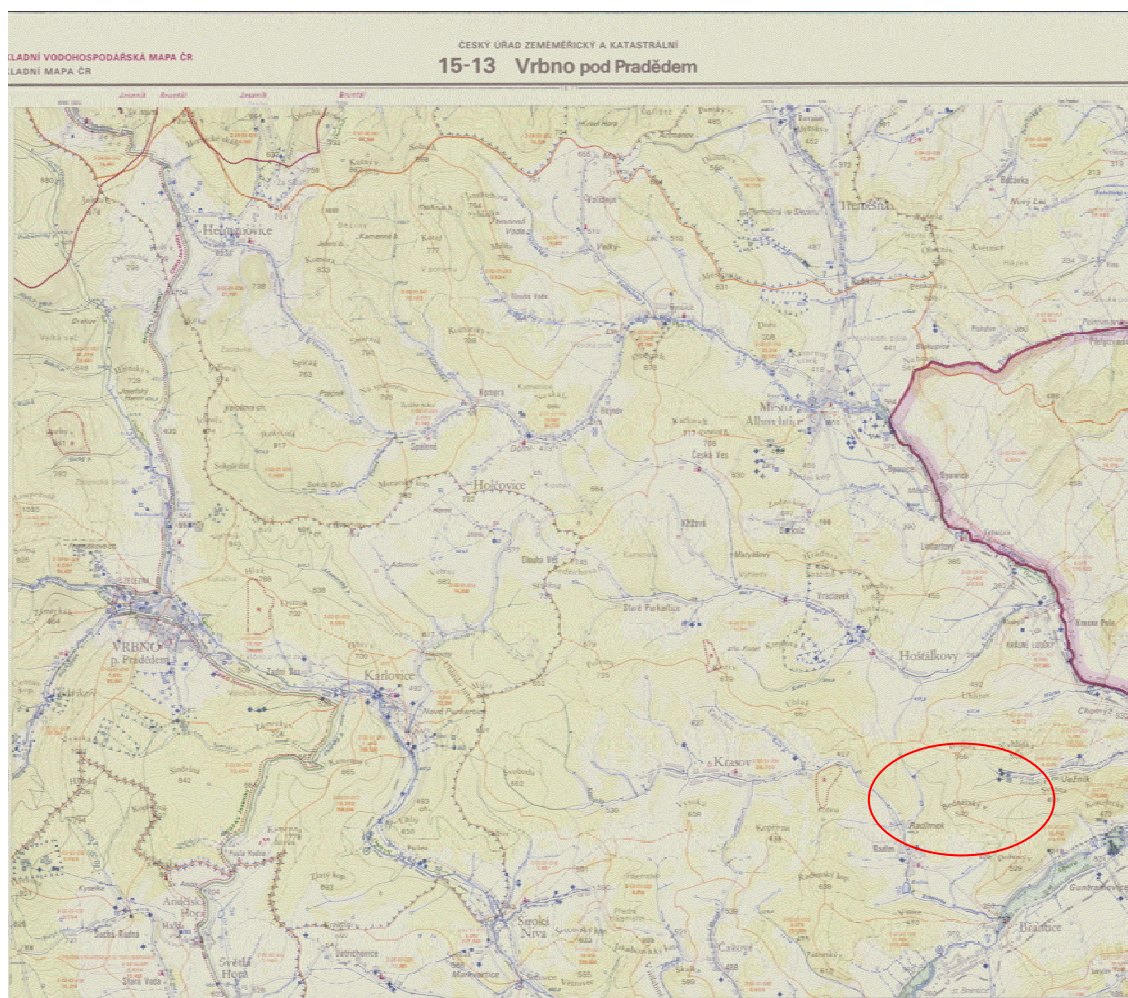
Cílem diplomové práce je navázat na návrh protipovodňového opatření zpracovaného firmou Pöyry Environment a. s. a vytvořit variantní řešení rekonstrukce stávajícího jezu v říčním kilometru (dále ř. km) 78,340 a s tím souvisejících objektů. Požadavkem pro zpracování je zrušení stávající malé vodní elektrárny (dále MVE) a využití jejího náhonu jako odlehčovacího kanálu při povodních.

Podklady pro zpracování diplomové práce zahrnují geodetické zaměření příčných profilů toku Opavy v řešené lokalitě, hydrologická data získaná od správce vodního toku Povodí Odry, státní podnik. Popis stávajícího stavu pevného jezu je proveden na základě vlastní pochůzky a pořízené fotodokumentace.

2. Údaje o území

Název toku	Opava
Říční kilometr	78,340
Číslo vodohospodářské mapy	15-13
Katastrální území	Brantice [609480]
Obec	Brantice
Okres	Bruntál
Kraj	Moravskoslezský

Řešená lokalita se nalézá v centru obce Brantice. Lokalita je dobře přístupná z pravého břehu řeky Opavy, z asfaltové komunikace III. třídy č. 4885, na levém břehu řeky je přístup možný z obslužné komunikace renesančního zámku Brantice.



Obrázek 1: Vodohospodářská mapa 1:50 000 klad 15-13 [12]



Obrázek 2: Detail lokality z vodohospodářské mapy 15-13 [12]

2.1. Dosavadní využití a zastavěnost území jezu

Jez v Branticích byl vybudován v minulém století. Samotný jez je obdélníkového tvaru se vzdouvací výškou cca 0,75 m. Přepadající voda dopadá na betonové panely, které přechází v těžký kamenný pohoz až do úrovně spodního dna. Na levém břehu se nachází manuálně ovládaná šterková propust hrazená stavidlem. Mezi jezem a šterkovou propustí je rozdělovací pilíř, na kterém je osazena manipulační lávka. Dále je na levém břehu vtok do náhonu, který je taktéž manuálně ovládán stavidlem. Levý břeh v nadjezí je tvořen železobetonovou zdí se zábradlím až do vzdálenosti cca 20 m do nadjezí. Pravý břeh v nadjezí je tvořen upraveným terénem do lichoběžníkového tvaru s patou svahu opevněnou kamenný záhozem.

V současné době jez slouží ke vzdouvání vody v nadjezí a pro odběr vody do náhonu stávající MVE.

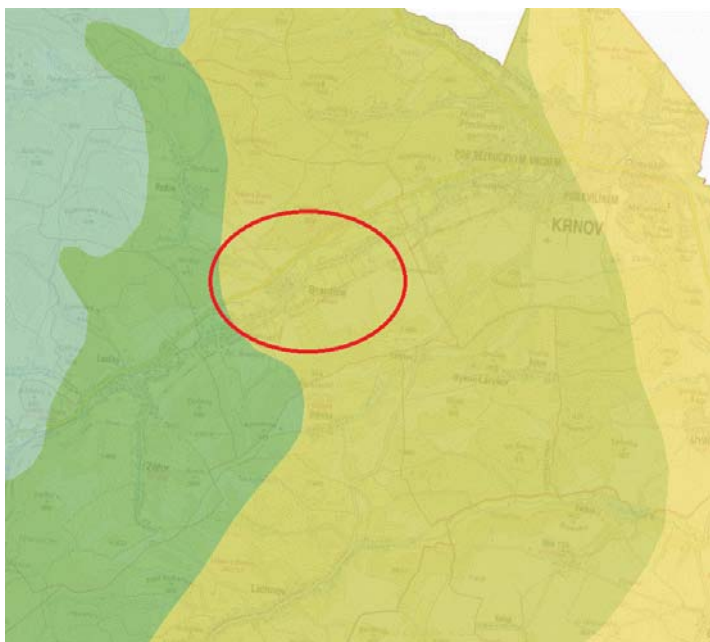
2.2. Údaje o souladu s územně plánovací dokumentací

Řeka Opava je vodohospodářsky významný tok a dle Územního plánu Brantice vydaného roku 2012 je na řece Opavě v úseku „ř. km 43,400 – 78,300 a 78,300 – 109,345 stanoveno záplavové území a vymezena jeho aktivní zóna rozhodnutím KÚ Moravskoslezského kraje č. j. ŽPZ/1607/03 48 ze dne 26. 3. 2003 a č. j. ŽPZ/10922/03 ze dne 9. 3. 2004“ [10, s. 47]. Jelikož toto záplavové území sahá i do zastavěné části obce, může zde vzniknout prostorový problém s možnými návrhy staveb zvyšujícími protipovodňovou ochranu obce. Územní plán povoluje realizovat stavby na snížení povodňových rizik a to především „staveb hrází, ochranných zdí, nezbytných staveb technické a dopravní infrastruktury“ [10, s. 48]. Umístění jiných staveb, např. rodinných domů, není možné, dle územního plánu zde nejsou navrženy zastavitelné plochy, vyjma veřejného prostranství, a tak by stavby jiné než související s vodním hospodářstvím, dopravní a technickou infrastrukturou a protipovodňovou ochranou v tomto záplavovém území nebyly povoleny.

2.3. Přírodní poměry

2.3.1. Klimatické poměry

Obec Brantice se řadí do klimaticky teplé oblasti označované MT3 a MT7, kterou na následujícím obrázku charakterizuje prostřední, olivově zelená, zakroužkovaná barva. Zkratky MT3 a MT7 jsou vlastní dlouhému létu, teplotně mírnému jaru i podzimu a krátké zimě.



Obrázek 3: Klimatické poměry [16]

2.3.2. Srážky

Roční průměr srážek v oblasti Krnova, tedy se dá uvažovat i pro blízkou obec Brantice, je 617 mm za rok. Celková výška sněhové pokrývky pak dosahuje 90-ti cm za rok. [13]

Průměrné hodnoty úhrnu srážek v milimetrech pro jednotlivé měsíce jsou uvedeny v následující tabulce. Měsíce jsou seřazeny postupně od ledna (1) po prosinec (12).

Tabulka 1: Průměrné údaje srážek [13]

Stanice Krnov												
	Měsíc											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Maximální měsíční úhrn srážek [mm]	57,7	70,9	78,3	101,8	179,8	212,8	314,4	198,0	114,6	106,7	80,5	75,0
Minimální měsíční úhrn srážek [mm]	2,5	1,5	1,0	3,0	13,5	1,5	18,6	14,2	1,0	1,8	6,4	5,2

Stanice Krnov												
	Měsíc											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Maximální denní úhrn srážek [mm]	20,5	18,0	24,4	44,7	39,4	52,8	89,2	50,1	38,1	39,8	28,0	26,0

2.3.3. Teplotní poměry

Průměrná roční teplota v oblasti Krnova je dle dlouhodobých pozorování uváděna jako 7,8 °C. Průměrný počet letních dnů je 34 a průměr dnů ledových pak 38. [13]

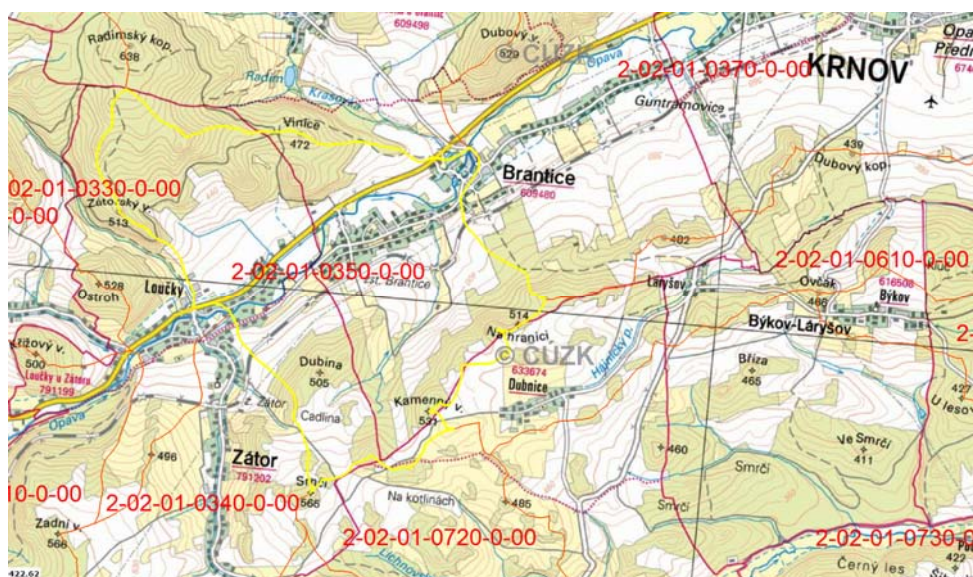
Průměrné měsíční hodnoty teplot vzduchu jsou uvedeny v tabulce, kde měsíce jsou seřazeny postupně od ledna (1) do prosince (12).

Tabulka 2: Průměrné údaje teplot [13]

Stanice Krnov												
	Měsíc											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Průměrná teplota vzduchu [°C]	-2,3	-0,9	2,9	7,6	12,6	15,6	17,0	16,5	13,0	8,6	3,4	-0,6
Maximální teplota vzduchu [°C]	15,1	18,2	22,7	27,6	31,0	34,0	35,0	36,6	32,1	26,2	20,5	14,8
Minimální teplota vzduchu [°C]	-30,5	-26,0	-23,1	-8,7	-3,4	-0,5	3,3	1,8	-3,7	-9,0	-15,8	-28,5

2.3.4. Hydrologické poměry

Řešená lokalita se nachází v povodí s číslem hydrologického pořadí 2-02-01-0350. Toto povodí má závěrný profil mezi napojení místního potoka a potoka Krasovka na řeku Opavu. Správce povodí je Povodí Odry, státní podnik. [17]



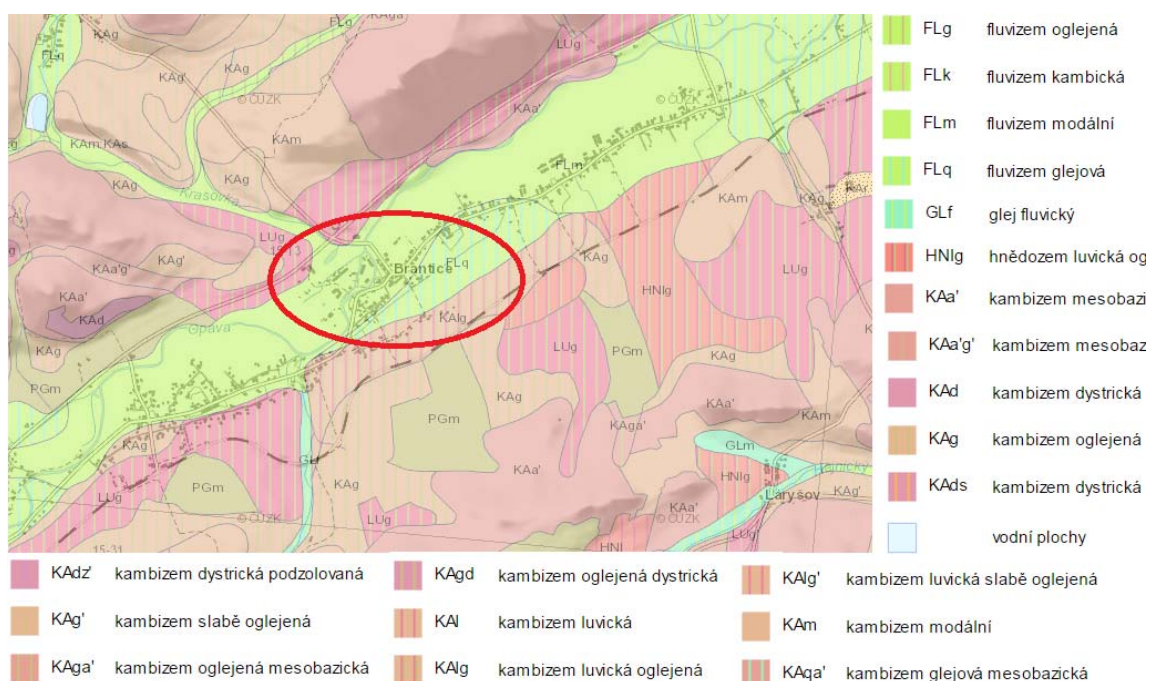
Obrázek 4: Číslo hydrologického pořadí [12]

2.3.5. Geomorfologické a geologické poměry

Z pohledu geomorfologie se obec Brantice nachází v Hercynském systému, „provincie Česká vysočina, subprovincie Krkonošsko-jesenická soustava, oblasti Jesenické, celku Nízký Jeseník, podcelku Brantická vrchovina, okrskům Lichnovská pahorkatina a Krasovská vrchovina“ [17, s. 3]. Tomu pak odpovídají i geologické poměry území obce, kde moravsko-slezská oblast je charakteristická několik kilometrů mocnou vrstvou variských flyšových hornin, obsahuje karbonské sedimenty, břidlici, drobu a svahoviny, v oblasti vodního toku pak fluvialní sedimenty.

2.3.6. Pedologie

V okolí obce Brantice je převážné zastoupení půdy zvané fluvizem kambická, což odpovídá lesní půdě. Lze zde zaznamenat i další, avšak mnohem méně zastoupené, druhy půd. [18]

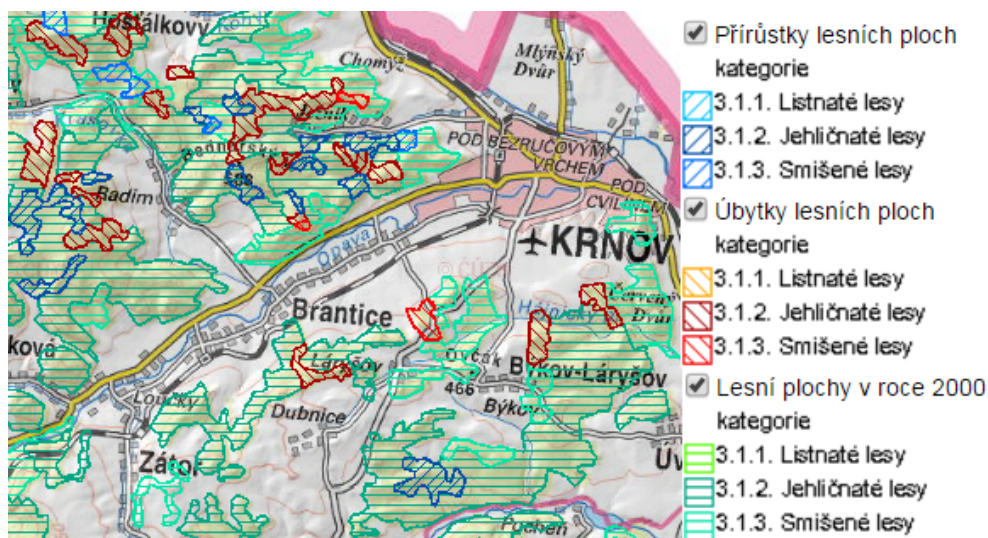


Obrázek 5: Pedologie [18]

2.3.7. Lesnictví

Obec Brantice je obklopena velkými lesními celky jehličnatých lesů. [18]

Blízké okolí řeky Opavy, která protéká středem obce, je pak obrosteno listnatými stromy, které jsou charakteristické pro údolní nivy. [17]

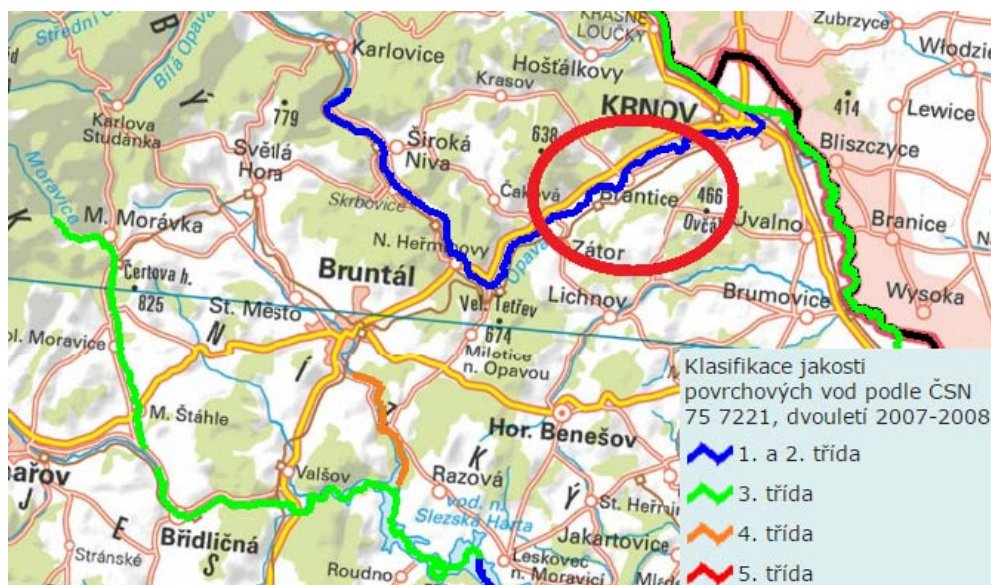


Obrázek 6: Lesní poměry [18]

2.3.8. Čistota vod

Řeka Opava protékající řešenou lokalitou spadá dle ČSN 75 7221 Klasifikace jakosti povrchových vod do 1. až 2. jakostní třídy. Norma dělí stav povrchových vod celkem do 5 kategorií – jakostních tříd. První jakostní třída povrchové vody, je stav neznečištěné vody, „*který nebyl významně ovlivněn lidskou činností, při kterém ukazatele jakosti vody nepřesahují hodnoty odpovídající běžnému přirozenému pozadí v tocích*“ [19].

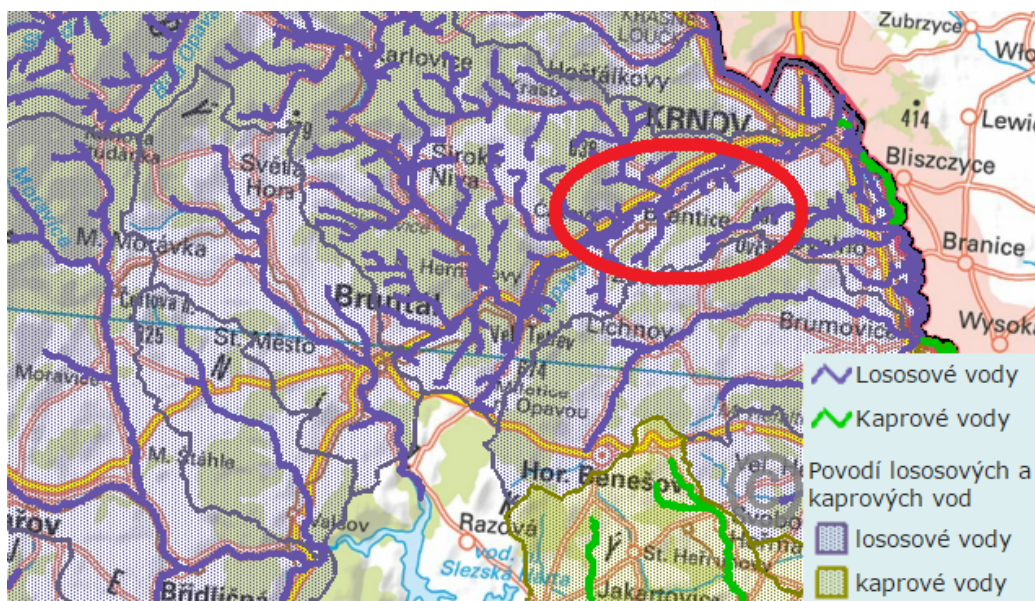
Jakostní třída 2. je definována jako mírně znečištěná voda, která byla ovlivněna zásahem člověka tak, „*že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které umožňují existenci bohatého vyváženého a udržitelného ekosystému*“ [19].



Obrázek 7: Čistota vod [12]

2.3.9. Rybí pásma

Řešená lokalita, spadá do vod lososových, konkrétně lipanového rybího pásma s prioritním zastoupením lipana podhorního. [12]



Obrázek 8: Rybí pásma [12]

3. Stavby za účelem vzdutí vody

Pro upřesnění názvosloví týkající se rekonstrukce jezu a k případnému nabídnutí možností jejich řešení jsou zde uvedeny základní pojmy a typy jezových konstrukcí.

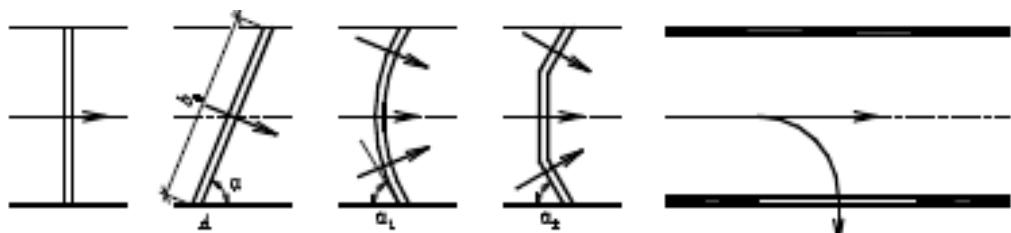
Jez je vzdouvací konstrukce, která je budována za účelem vzdutí vody v nadjezí či stabilizaci podélného profilu toku. Toto vzdutí může být požadováno skrze využití energetického potenciálu, pro odběr vody na závlahy či k další úpravě na vodu pitnou. Mezi další požadavky a smysl zadržení vody v nadjezí patří zmenšení rychlosti proudu vody, které tak omezí vymílání dna koryta, u větších toků je požadavek na vytvoření dostatečných hloubek pro splavnost toku, může zde být i aspekt estetický či přání na rekreační a sportovní využitelnost toku. [21]

3.1. Rozdělení jezů

Jezové konstrukce lze rozdělit dle více kritérií, to nejdůležitější dělení je z hlediska konstrukčního řešení, to na jezy pevné a jezy pohyblivé. Konstrukční řešení se samozřejmě také odvíjí od použitého materiálu, kterým může být dřevo, kámen, beton či se uplatňuje zděné provedení jezu. [21]

Dalším podstatným kritériem je tvar přelivné plochy, použití daného typu závisí na dispozičním uspořádání lokality. Možné typy přelivných hran jsou uvedeny na obrázku. [22]

- Přímé přelivné hrany – čelní, šikmé, boční.
- Zakřivené přelivné hrany – obloukové.
- Lomené přelivné hrany.



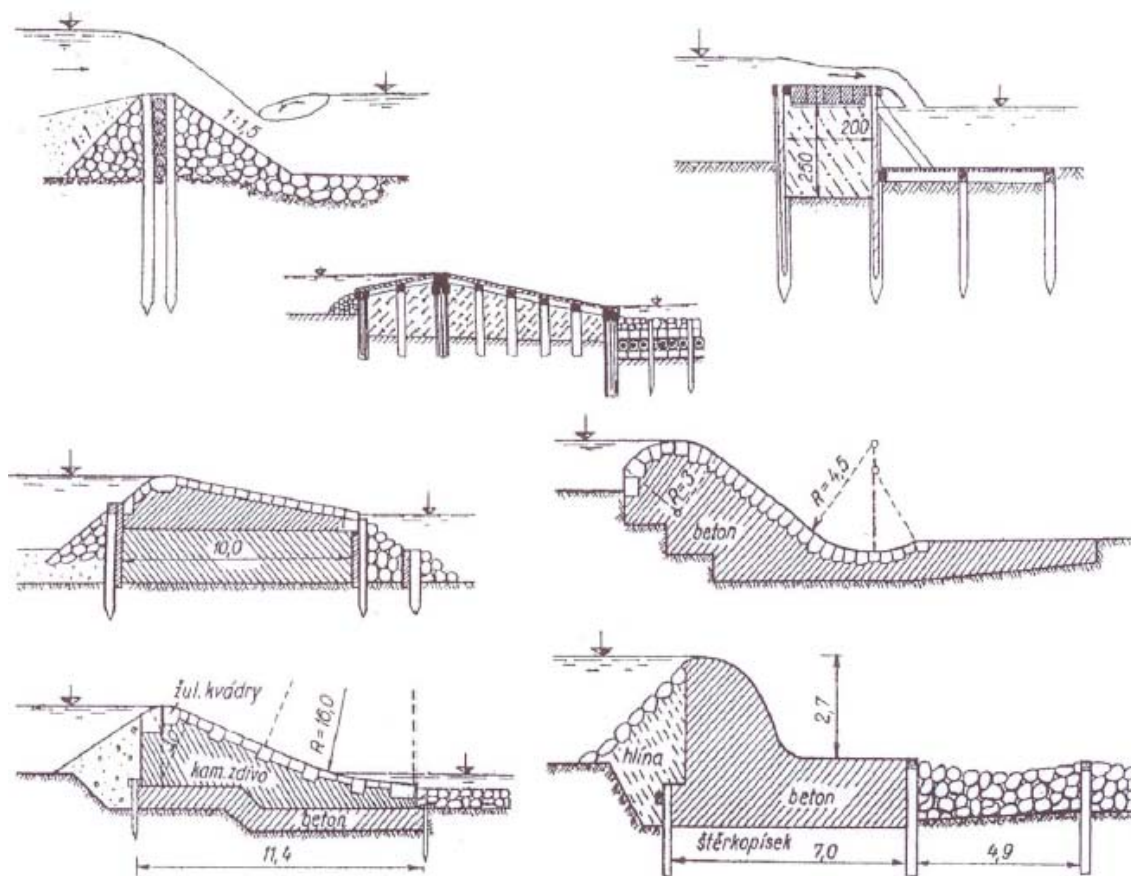
Obrázek 9: Tvary přelivných hran: čelní, šikmý, obloukový, lomený a boční přeliv [22]

3.2. Pevné jezy

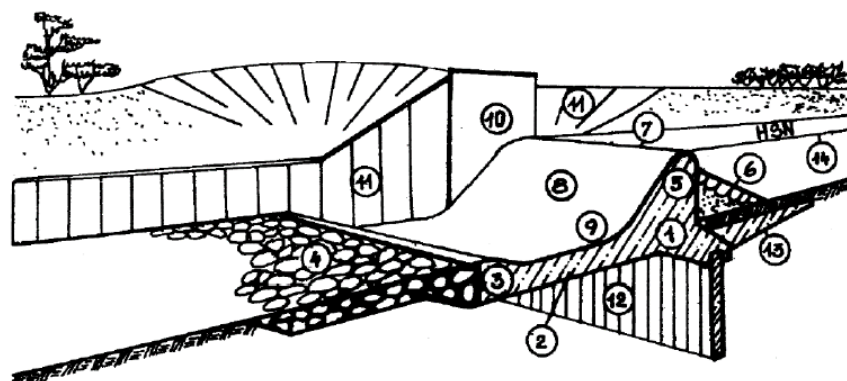
Již bylo zmíněno, že jezy se dle konstrukčního hlediska dělí na pevné a pohyblivé. Pevné jezy jsou ty, které nedokážou žádným způsobem manipulovat s hladinou v nadjezí, ta kolísá pouze vlivem změny průtoku v toku. Jejich realizace je nejčastěji příčně na tok a nejsou opatřeny provizorním hrazením. [21]

Těleso pevného jezu je často chráněno proti obrušování kamennými kvádry. Jelikož je jezová konstrukce pevná, dochází postupem času k zanášení dna před jezem, někdy až do výšky jezové konstrukce, poté splaveniny začnou přetékat přes jezovou konstrukci. Proto je využití pevných jezů především na středních tocích s nízkým splaveninovým režimem. [21]

Pro lepší hydraulické vlastnosti koruny pevného jezu je vhodné volit její zaoblení koruny, případně zešíkmení. Nejvhodnější korunou přelivu je přelivná hrana proudnicová. [21] Na obrázku jsou znázorněny typy korun pevného jezu.



Obrázek 10: Tvar koruny pevného jezu [21]

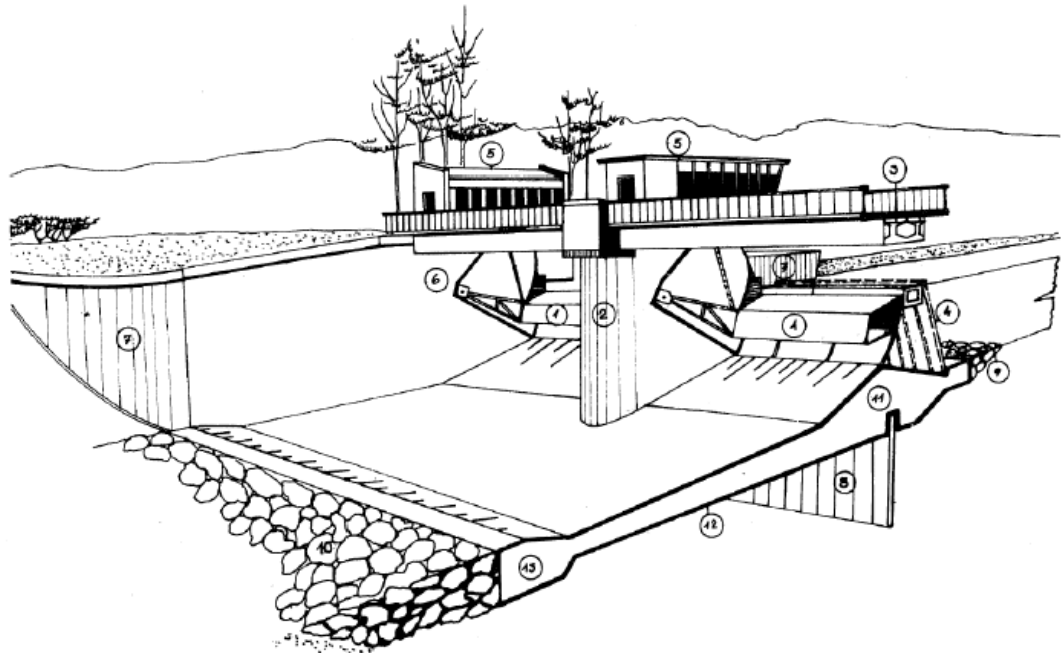


- | | | |
|----------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| 1-jezové těleso | 2-vývarová deska | 3-vývarový práh |
| 4-kamenný zához | 5-koruna jezového tělesa | 6-předprsí jezu |
| 7-přelivná hrana | 8-přelivná plocha | 9-přechodová plocha |
| 10-břehový pilíř | 11-jezová křídla | 12-svislý těsnící prvek |
| 13-vodorovný těsnící prvek | 14-HSN-hladina stálého nadržení | |

Obrázek 11: Popis pevného jezu [23]

3.3. Pohyblivé jezy

Na tocích, kde je zapotřebí manipulace s hladinou, se navrhuje jezy pohyblivé. Velikost jezové konstrukce se odvíjí od zvoleného typu hradící konstrukce. Pohyblivé jezy mají masivní spodní stavbu, na kterou je osazena horní stavba s hradící konstrukcí. Zpravidla se navrhuje alespoň dvě jezová pole, aby bylo možné při provádění revize na jednom poli, převádět průtoky vody na poli druhém. Pohyblivé jezy musí být opatřeny provizorním hrazením pro provádění již zmíněné revize. [21]

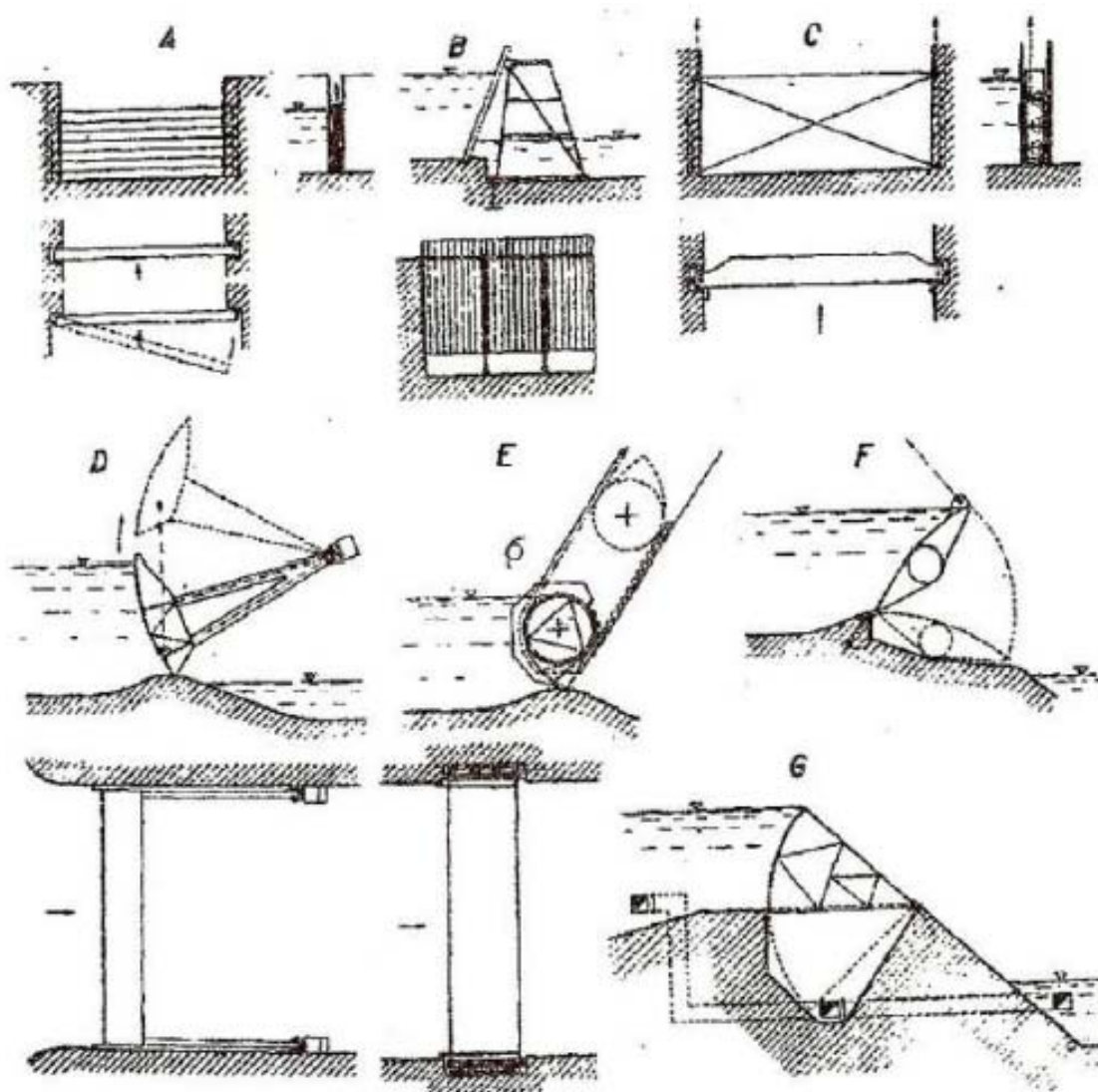


- | | | |
|--------------------------|------------------------|------------------------|
| 1-pohyblivý uzávěr | 2-dělicí pilíř | 3-obslužná lávka |
| 4-provizorní hrazení | 5-strojovna | 6-nábřežní pilíř |
| 7-křídla jezu | 8-svislý těsnicí prvek | 9-opevnění dna nadjezí |
| 10-opevnění dna podjezí | 11-pevná spodní stavba | 12-vývarová deska |
| 13-závěrečný prah vývaru | | |

Obrázek 12: Popis pohyblivého jezu [23]

Pohyblivé jezy se dále dělí dle způsobu hrazení na jezy hradidlové, hradlové, stavidlové, tabulové, válcové, segmentové, pokloповé, hydrostatické a vakové jezy. [24]

Jednotlivé typy jsou znázorněny na obrázku.

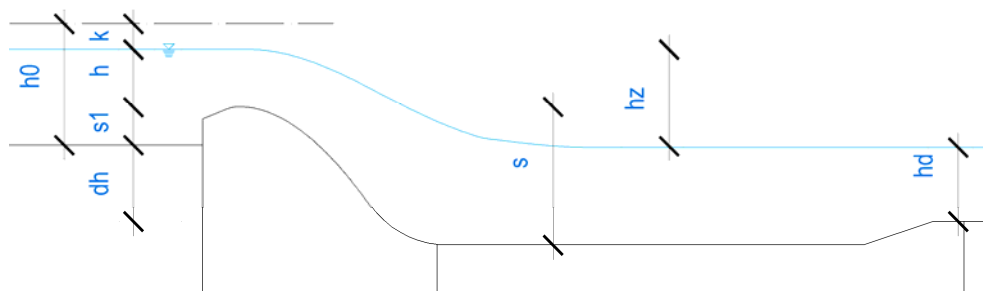


Obrázek 13: Typy pohyblivých jezů [24]

3.4. Hydraulika přelivu

Pokud stojíme před otázkou návrhu jezové konstrukce, potřebujeme znát návrhový průtok, z něj lze spočítat minimální šířku přelivné hrany, z té a potřebného spádu se pak odvíjí návrh podjezí.

Určení přepadového množství vody přes jezovou konstrukci:



Obrázek 14: Schéma pro výpočet přepadového množství

• Výška přepadového paprsku	h	[m]
• Rychlostní výška vody před jezem	k	[m]
• Energetická přepadová výška	h_0	[m]
• Hradící výška jezu	s_1	[m]
• Výška spodní stavby	s	[m]
• Šířka přelivu	b	[m]
• Účinná šířka přepadu	b_0	[m]
• Výška dolní vody	h_d	[m]
• Výška horní vody	h_h	[m]
• Rozdíl mezi horní a dolní hladinou	h_z	[m]

Pro výpočet přepadového množství se použije rovnice:

$$Q = \sigma_z \sigma_s m b_0 \sqrt{2g} h_0^{\frac{3}{2}} \quad (3.1)$$

$$h_0 = h + k \quad (3.2)$$

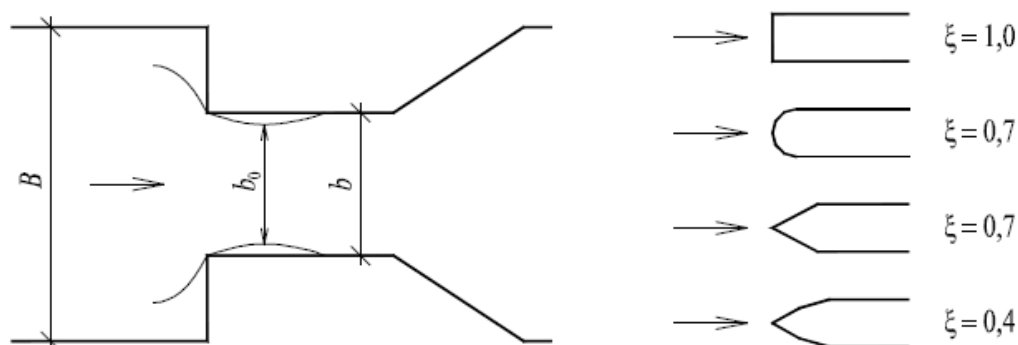
$$k = \frac{v_0^2}{2g} \quad (3.3)$$

$$b_0 = b - 0,1n\xi h_0, \quad (3.4)$$

kde:

• Součinitel zatopení	σ_z	[-]
• Součinitel vlivu šikmosti	σ_s	[-]
• Přepadový součinitel	m	[-]
• Gravitační zrychlení	g	[m/s ²]
• Počet zúžení	n	[-]
• Součinitel závislosti tvaru pilíře na bočním zúžení ξ	ξ	[-]

Zúžení přepadajícího paprsku nastává v případě, kdy proud vody tekoucí jezovým profilem není schopen se plynule přizpůsobit ostrým změnám v jezovém profilu. Je vhodné volit proudnicové plochy, ve kterých dochází k malým bočním kontrakcím. Stanovení součinitele tvaru pilíře je zobrazeno na obrázku. [22]



Obrázek 15: Součinitel tvaru piliře [22]

Z hydraulických tabulek převezmeme součinitel přepadu m .

typ jezu	sklon stěn	$h/t > 2$	$1 < h/t < 2$	$0,5 < h/t < 1$
vysoké jezy $s > 5\text{m}$	$n \leq 0,5$, $n_s \leq 0,5$	0,43 - 0,42	0,40 - 0,38	0,36 - 0,35
střední jezy $s = (2 \text{ až } 5) \text{ m}$	se skloněnou návodní stěnou $n = 1$	0,44	0,42	0,40
	$n = 2$	0,43	0,41	0,39
	se skloněnou vzdušnou stěnou $n_s = 1$	0,42	0,40	0,38 - 0,37
	$n_s = 2$	0,40	0,38	0,36 - 0,35
nízké jezy $s < 2 \text{ m}$	se skloněnou návodní stěnou $n = 3$	0,42	0,40	0,38
	$n = 5$	0,40	0,38	0,36
	$n = 10$	0,38	0,36	***
	se skloněnou vzdušnou stěnou $n_s = 3$	0,39	0,37	0,35
	$n_s = 5$	0,375	0,35	***
	$n_s = 10$	0,35	0,35	***

Obrázek 16: Součinitelé přepadu pro lichoběžníkový tvar jezu [22]

Při průtoku vody přes jezové těleso může dojít k ovlivnění přepadu dolní vodou, nastane tak nedokonalý přepad. Ten je charakterizován součinitelem zatopení σ_z , uvedený v hydraulické tabulce. [22]

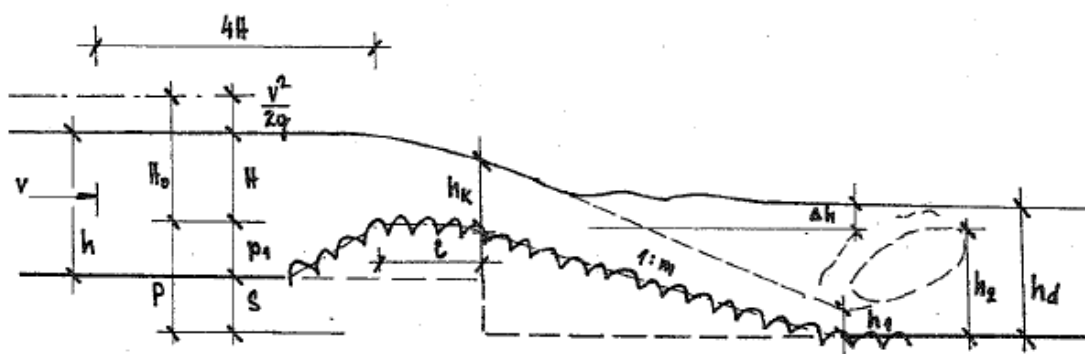
h_z/h	σ_z	h_z/h	σ_z	h_z/h	σ_z	h_z/h	σ_z	h_z/h	σ_z
0,40	0,990	0,65	0,940	0,74	0,869	0,82	0,756	0,90	0,575
0,45	0,986	0,66	0,930	0,75	0,858	0,84	0,719	0,92	0,515
0,50	0,980	0,68	0,921	0,76	0,846	0,85	0,699	0,94	0,449
0,55	0,970	0,70	0,906	0,78	0,820	0,86	0,677	0,95	0,412
0,60	0,960	0,72	0,889	0,80	0,790	0,88	0,629	1,00	0,000

Obrázek 17: Součinitel zatopení pro přepad přes jez [22]

3.5. Balvanitý skluz

Pro překonání výškového rozdílu hladin toku lze použít i balvanitý skluz. Typů skluzu je celá řada, v návrhu variantního řešení rekonstrukce jezu je však použit skluz, kde je skluzová plocha vyštětována z kamenných bloků na filtrační podklad. Využívá se zde drsnosti skluzové plochy pro utlumení kinetické energie. [25]

V praktické části diplomové práce je balvanitý skluz použit místo jezové konstrukce a s menším sklonem pak i jako rybí rampa.



Obrázek 18: Schéma balvanitého skluzu [25]

Hydrotechnický výpočet kapacity balvanitého skluzu vychází ze vzorce pro výpočet kapacity lichoběžníkového přepadu. [25]

$$Q = \sigma AKM b_s H_0^{\frac{3}{2}} + \sigma' \frac{4}{5} M' m' H_0^{\frac{3}{2}}, \quad (3.5)$$

kde:

- Součinitel zatopení σ, σ' [-]
- Součinitel půdorysného uspořádání koruny přelivu A [-]
- Součinitel bočního zúžení přelivného otvoru ovlivněný tvarem pilířů K [-]
- Součinitel sklonu svahu M, M' [-]
- Součet přepadové a rychlostní výšky h_0, h_0' [m]

Balvanité skluzy se nejčastěji navrhují se sklonem 1:6 až 1:12, podle toho se volí součinitel vlivu sklonu skluzu na stabilitu kamene. [24]

Sklon skluzu	C_s
1:6	0,8083
1:8	0,8562
1:10	0,8850
1:12	0,9041
0	1

Obrázek 19: Součinitel vlivu sklonu skluzu na stabilitu kamene [25]

Při návrhu je nutné zohlednit maximální výšku balvanitého skluzu a jeho sklon. Zároveň, z níže uvedeného obrázku, je patrný vliv hmotnosti použitého kameniva. [25]

Největší rozměr průměrn. balvanů (m)	hmotnost balvanů kg	Speci- fický průtok q m ² /s	sklon skluzu			
			1:6	1:8	1:10	1:12
0,8	185	6,0	0,55	0,71	0,88	1,11
		8,0	0,51	0,64	0,77	0,92
		10,0	0,49	0,61	0,71	0,81
		12,0	0,47	0,58	0,67	0,76
		14,0	0,44	0,55	0,61	0,71
1,0	360	6,0	0,79	1,05	2,05	2,14
		8,0	0,75	0,97	1,19	1,60
		10,0	0,73	0,91	1,09	1,30
		12,0	0,70	0,87	1,03	1,21
		14,0	0,68	0,84	0,98	1,13
1,2	625	6,0	1,10	1,70	2,78	∞
		8,0	1,02	1,38	1,91	3,92
		10,0	0,98	1,27	1,61	2,16
		12,0	0,96	1,20	1,47	1,83
		14,0	0,94	1,17	1,39	1,65
1,5	1220	6,0	1,61	∞	∞	∞
		8,0	1,46	2,54	4,34	∞
		10,0	1,40	1,91	2,90	9,11
		12,0	1,37	1,78	2,37	3,13
		14,0	1,35	1,72	2,15	2,83
2,0	2900	6,0	3,53	∞	∞	∞
		8,0	2,67	∞	∞	∞
		10,0	2,33	3,97	∞	∞
		12,0	2,20	3,46	∞	∞
		14,0	2,14	2,98	4,50	∞

Obrázek 20: Maximální výšky skluzu v m [25]

V poslední fázi výpočtu balvanitého skluzu je ověření, zda navržené velikosti kamenů skluzu vyhoví podmínce vymílací rychlosti, kdy musí platit [25]:

$$v_s < v_{vs} \quad (3.6)$$

$$v_{vs} = 6,8 D^{\frac{1}{3}} h^{0,5} C_s^{0,5}, \quad (3.7)$$

kde:

- Největší rozměr průměru kamene D [m]
- Hloubka vody na skluzu h [m]

4. Řešení migračních překážek

Rekonstrukce jezu, která je předmětem diplomové práce, znamená zachování vzdutí vody v nadjezí a ponechání velkého výškového rozdílu hladin před a za jezovou konstrukcí. Tím však vzniká problém migrace živočichů. Vzhledem k tomu, že ve stávajícím stavu není nijak řešena migrační prostupnost, přitom je to velmi důležité a dnes i velmi řešené téma, je k návrhu rekonstrukce jezu uvažováno s vytvořením bezbariérové průchodnosti organismů. Vytvořením např. rybího přechodu, zajistíme přirozený pohyb fauny, zamezíme postupnému úbytku rybí osádky a zajistíme přírodě bližší charakter stavby.

V kapitole 2.3.9. Rybí pásma byly vodní toky rozděleny na vody lososové a kaprové, ty se dále dělí do rybích pásem, které jsou specifické převažujícím druhem ryb. V České republice se vodní toky dle rybího pásma dělí na 4 kategorie – pásmo pstruhové a lipanové (vody lososové), parmové a cejnové (vody kaprové). [5] Při řešení zprůchodnění migračních bariér je vždy nutné brát ohled na požadavky těchto jednotlivých rybích pásem.

V případě rekonstrukce jezu v obci Brantice bude uvažováno s vytvořením migrační prostupnosti pomocí rybího přechodu pro lipanová rybí pásma a pomocí balvanitého skluzu.

Aby byl vytvořen správný návrh rybího přechodu, je třeba znát typické chování ryb.

- Plavou vždy proti proudu, tento směr si udržují a rozpoznávají jej dle směru proudění vody, který cítí na bočních liniích jejich těl.
- Ryby se zvyšující se rychlostí proudění neuhýbají z proudu, ale zvyšují své úsilí k překonání odporu proudění.
- Pokud je rychlost proudění nad jejich síly či je proudění turbulentní, ryby jsou proudem vhozeny do klidnější části proudění. Ryby se však ihned snaží dostat zpět do nejsilnějšího proudu a pokračovat v něm dál.
- V turbulentních oblastech ryby ztrácí orientační smysl.
- Za vhodných podmínek připlouvají až do podjezí, k výústem odpadního kanálu z MVE, či ke vstupu do rybího přechodu.
- Pokud přes jezovou konstrukci nepřepadá vodní paprsek, nenajdeme pod jezem žádné zdravé a velké migrující ryby. [20]

4.1. Legislativa pro migrační průchodnost

Každá stavba vodního díla má přesně dány předpisy, dle kterých se musí řídit. Těmito závaznými dokumenty jsou zákony, zákon č. 254/2001 Sb. Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), vyhlášky a usnesení vlády ČR. Další požadavky stanovují plány hlavních povodí České republiky. [3]

Mimo závazné dokumenty je vhodné se řídit i dokumenty doporučujícími, tedy normami. Řešením průchodnosti ryb přes vodní díla se zabývá technická norma vodního hospodářství TNV 75 2321 Zprůchodňování migračních bariér rybími přechody. Norma zohledňuje výkonnost jednotlivých druhů ryb a jejich životních potřeb, také se zaobírá předpoklady správného návrhu rybího přechodu.

4.2. Základní pojmy rybích přechodů

Před myšlenkou samotného návrhu rybího přechodu je vhodné vymezit základní názvosloví.

4.2.1. Rybí přechod

Stavba umožňující rybám překonat výškový rozdíl hladin, jako například jezu, MVE, přehrady či hráze, se nazývá rybí přechod (dále RP).

Rybí přechod by se dal popsat třemi částmi. První je vstup do RP, kde ryba vplouvá ze spodní stavby do druhé části - tělesa rybího přechodu. Proud z rybího přechodu tak musí být atraktivnější než proudění v korytě, aby ryby do něj byly naváběny. Napojení RP na dno koryta nesmí být tvořeno výškovou překážkou. Samotné těleso RP je tvořeno přepážkami, balvany, kartáči či např. peřejemi, které umožňují rybám postupně překonat výškový rozdíl mezi dolní a horní vodou. Poslední částí je výstup z RP, kde ryby vyplouvají zpět do hlavního proudu horní vody. [1]

4.2.2. Přídavný průtok

Aby byly ryby naváběny do rybího přechodu, musí proudění vody rybího přechodu být atraktivní, dominantní. Právě proto se uplatňuje přídavný průtok, zvaný také vábící proud. Ten může být přiváděn ke vstupu RP potrubím nebo žlabem případně Venturiho trubicí s tryskou. [1]

4.3. Typy rybích přechodů

Tato kapitola nechá nahlédnout na pár vybraných typů rybích přechodů, možností je však mnohem více a vždy se odvíjí od plnění požadovaných funkcí RP. Mezi tyto požadavky může patřit reprodukční migrace, repatriační, okupační a kompenzační migrace. [1]

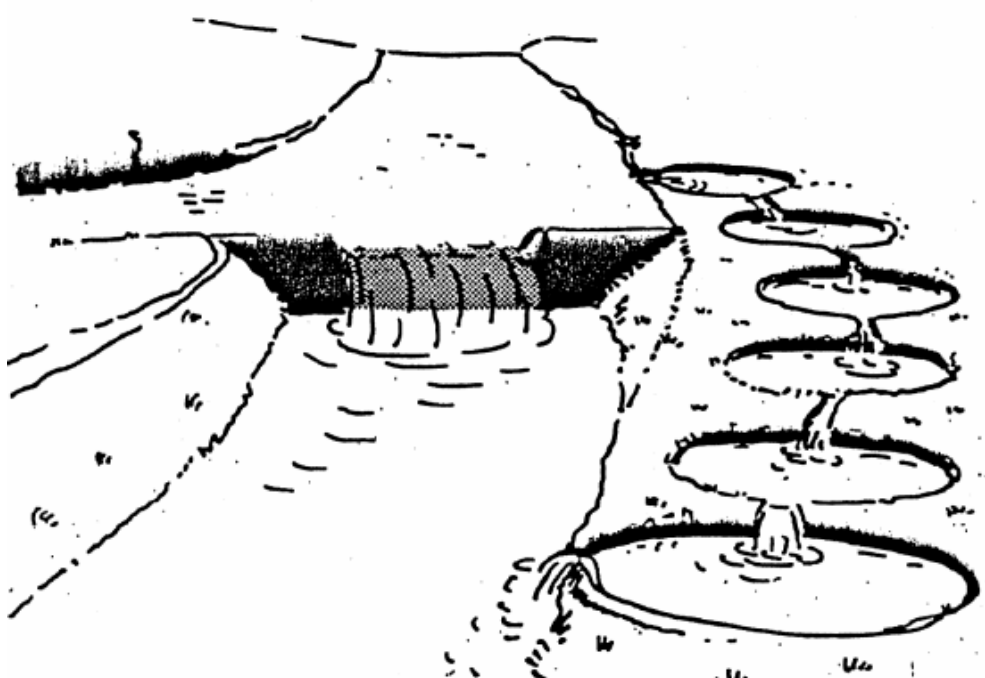
4.3.1. Přírodě blízké typy rybích přechodů

Bypass je přírodní obtokové koryto vedeno okolo příčné překážky, zpravidla lichoběžníkového profilu s miskovitým dnem a s přírodě blízkým opevněním břehů. V korytě jsou napříč umístěny balvany pro vytvoření přepážek. Mezi balvany jsou mezery, které zaručují prostupnost mezi jednotlivými přepážkami - tůňemi. [5]



Obrázek 21: Obtokový rybí přechod (bypass) [26]

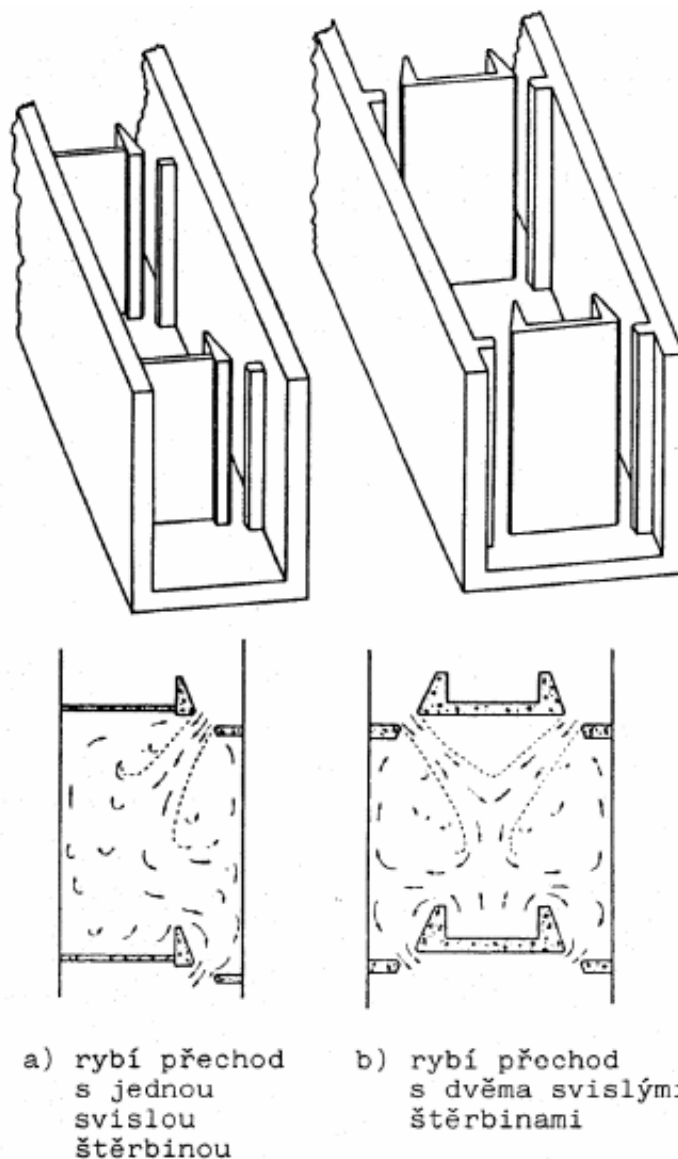
Tůňové rybí přechody jsou, obdobně jako přírodní obtoková koryta, vedeny kolem příčné překážky mimo tok. Rybí přechod je tvořen soustavou tůní, které jsou postupně mezi sebou propojeny malými kanály. Tvar tůně bývá kruhový s minimální hloubkou 0,70 m. Pro správnou funkci tůňových RP je zapotřebí u vstupu realizovat difuzor nebo jinak zajistit přídavný proud pro nalákání ryb. [5]



Obrázek 22: Tůňový rybí přechod [27]

4.3.2. Technické rybí přechody

Štěrbínový rybí přechod je betonový obdélníkový žlab, ve kterém jsou příčně umístěny přepážky. Ty nejsou po celé šířce spojitě, ale je v nich vytvořena tzv. "štěrbina". Šířka tohoto otvoru závisí na druhu vyskytujících se ryb, pohybuje se v rozmezí 0,15 až 0,60 m. Druhu ryb též podléhá návrh vzdálenosti mezi přepážkami, ta je v rozmezí od 2,00 do 3,00 m. Dno rybiho přechodu bývá obloženo hrubým kamenivem či zasypáno vrstvou hrubého štěrku. [5]



Obrázek 23: Štěrbínový rybí přechod [27]

Kartáčový rybí přechod je obdobou RP štěrbínového. Odlišnost je v přepážkách, které jsou tvořeny segmenty z kartáčů, to jsou ohebné plastové pruty. Jednotlivé segmenty jsou tvořeny trsy těchto prutů a jsou kotveny do dna RP. Maximální možný sklon kartáčového RP je 1:25 s hloubkou 0,60 m.



Obrázek 24: Kartáčový rybí přechod na jezu Budín [3]

4.4. Návrh rybího přechodu

Návrh rybího přechodu se váže na mnoho vstupních dat. Aby byl návrh adekvátní požadavkům biologických společenstev, splňoval podmínky hydrologické a hydrotechnické, je třeba zajistit řadu průzkumů. Pro splnění požadavků místního živočišstva je proveden ichtyologický průzkum, pro polohové a výškové zasazení návrhu do krajiny je proveden tachymetrický záznam a o možnosti provést návrh vzhledem k danému podloží vypovídá inženýrsko-geologický průzkum. [3]

Důležitým parametrem návrhu jsou pak geometrické rozměry příčného profilu dány návrhovým průtokem, technickou normou. Návrh trasy RP je pak dán možnostmi zásahu do okolních pozemků. Rybí přechod je také navrhován na sklon, počet a rozměry přepážek vzhledem k vhodným průtočným rychlostem dle rybího pásma. [3]

Správně navržený rybí přechod by měl zajistit bezproblémovou prostupnost z dolní vody do horní pro ryby z daného rybího pásma, ale i pro ostatní vyskytující se živočišné společenství.

4.4.1. Umístění rybího přechodu

Výsledky průzkumů, zmíněné v kapitole 4.4. Návrh rybího přechodu, mohou udat směr, kde je vhodné rybí přechod umístit a kde nikoli. Při osazování návrhu se však řídíme i možnostmi zásahů do okolních pozemků.

Z pohledu vlastního toku, výstavby a údržby je vhodné rybí přechod umísťovat do břehů a příbřeží toku. [1]

4.4.2. Návrhový provozní průtok

Rybí přechod je projektován na místní průtokové poměry. Ty se stanoví dle velikosti vodního toku, na kterém je RP navrhován. U velkých vodních toků se návrhový průtok pohybuje v rozsahu 1 - 5 % z celkového průtoku toku během reprodukční migrace. Pro menší vodní toky je pak rozsah 5 – 10 % z průměrného průtoku toku. Procentuální hodnota průtoku závisí na požadavku, za kterých M-denních průtoků má být rybí přechod vyhovující. [1]

4.4.3. Sklon rybího přechodu

Ne zcela ovlivnitelným vstupním údajem je sklon rybího přechodu. Je dán morfologií daného území a podřizuje se prostorovému návrhu trasy. Maximální sklon pro vody lososového typu je 1:15. [5]

4.4.4. Hydraulický výpočet prvků rybího přechodu

V kapitole jsou nastíněny početní postupy pro typy RP použitých ve vlastním návrhu Rekonstrukce jezu v obci Brantice. Mezi tyto přechody patří: rybí přechod komůrkový a RP kartáčový. Postup výpočtu kartáčového RP je identický s komůrkovým. V poslední variantě je uvažováno s rybí rampou, pro kterou se uplatňuje postup výpočtu balvanitého skluzu, kapitola 3.5.

Komůrkový a kartáčový rybí přechod

Základní geometrické rozměry

• Celkový výškový spád	dH_{rp}	[m]
• Návrhový průtok RP	Q_{rp}	[m ³ /s]
• Doporučený podélný sklon	i_{dop}	[-]
• Délka RP	L_{rb}	[m]
• Délka vtokové části (výstupu)	L_{vtok}	[m]
• Šířka kanálu	B_{rp}	[m]

Tůňka

• Délka tůňky	$L_{tůňky}$	[m]
• Šířka tůňky	$B_{tůňky}$	[m]
• Střední rychlost v tůňce	$v_{tůňky}$	[m/s]

Štěrbina

• Šířka štěrby	$B_{štěrbiny}$	[m]
• Počet štěrbin na přepážce	$n_{štěrbin}$	[ks]
• Minimální hloubka vody	h_{min}	[m]
• Maximální hloubka vody	h_{max}	[m]
• Rozdíl hladin na štěrbině	Δh	[m]
• Rychlost vody ve štěrbině	v_{max}	[m/s]

Výpočet maximálního rozdílu hladin mezi jednotlivými přepážkami se určí na základě v_{max} , rychlosti která je dovolená pro určitý typ ryb. Pro ryby lososovitého typu je maximální rychlost stanovena na 2,0 m/s. [20]

$$\Delta h_{dovolený} = \frac{v_{dovolená}^2}{2g\varphi^2} \quad (4.1)$$

- Výtokový součinitel φ se volí v rozmezí $\varphi = 0,70 - 0,80$ [-]
- Maximální dovolená rychlost $v_{dovolená}$ pro jednotlivé druhy ryb [m/s]

Z rozdílu horního a dolního dna se dopočítá minimální počet přepážek. Vypočtenou hodnotu je nutno zaokrouhlit na celé vyšší číslo.

$$n_{min} = \frac{dH}{\Delta h_{dovolený}} \quad (4.2)$$

- Celkový sklon rybochodu dH [-]
- Maximální dovolený sklon dle druhu ryb Δh [-]

Výpočet návrhového spádu na přepážce [5]:

$$\Delta h = \frac{dH}{n} \quad (4.3)$$

Překontrolování maximální výtokové rychlosti ve šterbině.

$$v_{max} = \varphi \sqrt{2g\Delta h} < v_{dovolený} \quad (4.4)$$

Podle druhu ryb se navrhne hloubka vody v tůnce rybího přechodu h_{min} .

Z následujícího vztahu se vypočítá světlá šířka šterbiny. V případě vyššího počtu šterbin se zavede celková šířka ΣB .

$$B_{šterbiny} = \frac{Q_{návrhový}}{\varphi h_{min} \sqrt{2g\Delta h}} \quad (4.5)$$

Průtok v rybím přechodu se určí ze vztahu pro zatopený výtok otvorem nebo podle nedokonalého přepadu.

Situace, kdy je dno sousedních tůnek na sebe navázané, se uvažuje pro výpočet rovnice zatopeného výtoku otvorem při tlačené výšce Δh [5].

$$Q = \varphi h_{min} B_{šterbiny} \sqrt{2g\Delta h} \quad (4.6)$$

Může nastat situace, kdy má šterbina vyvýšený práh nade dno tůnky. Pak se použije rovnice nedokonalého přepadu o výšce přepadového paprsku h_{max} se zatopením h_{min} .

$$Q = \frac{2}{3} \mu \sigma_z B_{šterbiny} \sqrt{2g} (h_{max})^{\frac{3}{2}} \quad (4.7)$$

- Součinitel přepadu $\mu = 0,70 - 0,80$ [-]
- Součinitel zatopení σ_z [-]

$$\sigma_z = \left[1 - \left(1 - \frac{\Delta h}{h_{max}} \right)^{1,5} \right]^{0,385} \quad (4.8)$$

V dalším kroku se provede kontrola vtokového objemu pomocí rovnice přepadu. Na vtoku je nutno uvažovat se ztrátou a se snížením hladiny při nárůstu rychlostní výšky. To má za důsledek možný vznik kritického proudění a je tak zapotřebí mírné předimenzování vtoku a první šterbiny v přepážce. [5]

$$v_o = \frac{Q}{B_{rp} h_{max}} \quad (4.9)$$

- Přítoková rychlost do RP v_o [m/s]

$$h_e = 0,85 \left(h_{max} + \frac{v_o^2}{2g} \right) \quad (4.10)$$

- Redukovaná energetická výška zahrnující ztráty na vtoku h_e [-]

$$Q_{kap} = 0,54 B_{štěrbyny} \sqrt{2gh_e^{\frac{3}{2}}} \quad (4.11)$$

Pro správné návrhové parametry musí vyjít podmínka:

$$Q_{kap} > Q \quad (11)$$

Zároveň se provede kontrola charakteru proudění.

$$FR_{štěrbyny}^2 = \frac{v_{max}^2}{gh_{min}} \quad (4.12)$$

Podmínka pro říční proudění: $Fr < 1$

V případech, kdy tyto podmínky nevyhoví, se musí provést zvýšení kapacity vtoku, a to buď jeho rozšířením, nebo prohloubením. V případě nevyhovujícího charakteru proudění je nutné zvýšit h_{min} nebo snížit v_{max} . [5]

Navržení délky tůňky

Podle doporučených sklonů pro jednotlivé druhy ryb se vypočte doporučená délka tůňky.

$$L_{doporučený} = \frac{100\Delta h - i_{doporučený} rl}{i_{doporučený}} \quad (4.13)$$

$$L_{tůňky} \geq L_{doporučený} \quad (4.14)$$

- Doporučený podélný sklon dna $i_{doporučený}$ [%]
- Délka tůňky $L_{tůňky}$ [m]
- Tloušťka přepážky tl [m]

Celková délka žlabu RP se určí dle vztahu:

$$L_{RP} = (n - 1)(L_{tůňky} + tl) \quad (4.15)$$

- Celková délka RP, bez délky vtoku a výtoku L_{RP} [m]
- Počet tůňek n [ks]

Utlumenou energii v tůňce zkontrolujeme výpočtem výkonu rozptýlení v jedné tůňce.

$$P = Q\Delta h\rho g \quad (4.16)$$

- Měrná hmotnost vody ρ [kg/m³]
- Gravitační zrychlení g [m/s²]
- Průtok rybím přechodem Q [m³/s]

Určí se objem vody v jedné tůňce.

$$V_{tůňky} = h_{min}B_{RP}L_{tůňky} \quad (4.17)$$

- Minimální hloubka tůňky, dle požadavků pro jednotlivé typy ryb h_{min} [m]
- Šířka rybího přechodu B_{RP} [m]

Vypočítá se měrný disipovaný výkon.

$$P_{měr} = \frac{P}{V_{tůňky}} \quad (4.18)$$

- Měrný disipovaný výkon jedné tůňky $P_{měr}$ [W/m³]

V závislosti na druhu ryb v dané lokalitě je třeba stanovit přípustnou měrnou disipovanou energii.

$$P_{měr} < P_{měr_dovolená} \quad (4.19)$$

- Dovolená maximální měrná disipovaná energie $P_{měr_dovolená}$ [W/m³]

V případech, kdy není splněna poslední podmínka pro disipovanou energii, je vhodné zvětšit objem tůňky.

5. Návrh rekonstrukce jezu

Návrh rekonstrukce jezu v obci Brantice vychází z projektové dokumentace „Opatření v úseku obce Brantice“ [9], vypracované společností Pöyry Environment a. s., dnes Aquatis a. s., která svůj návrh kooperuje s plánovanou výstavbou přehrady Nové Heřminovy.

Vodní dílo Nové Heřminovy má transformovat průchod povodňové vlny na neškodný průtok $Q = 120 \text{ m}^3/\text{s}$, který odpovídá dvacetileté vodě. Na tento průtok je tak požadována ochrana území pod VD. Průtok je návrhovým průtokem pro veškerá variantní řešení rekonstrukce jezu v obci Brantice.

5.1. Stávající stav

Kapitola zaznamenává poznatky z individuální obchůzky terénu a postřehy pro zpracování projektové dokumentace, která by měla být na úrovni studie. K této kapitole byla vytvořena fotodokumentace, příloha P.15., na kterou se popis lokality odkazuje. Obhlídka byla uskutečněna 29. 6. 2016.

Stávající jez se nachází ve středu obce Brantice na ř. km. 78,340. Jez je lomený, pevný a obdélníkový, byl vybudován v minulém století za účelem vzduť hladiny pro odběr vody z nadjezí do náhonu pro stávající MVE. Úroveň přelivné hrany se mění po šířce, klesá od pravého břehu z úrovně 345,73 m n. m. na úroveň 345,63 m n. m., viz Foto 4.

Dno v nadjezí je z velké části zaneseno sedimentem, který se usazuje u pravého břehu, znázorňuje Foto 11.

Přepadající voda z jezu dopadá na betonové panely, které přechází v kamenný pohoz, lze vidět na Foto 5, 6, 12 a 13. Betonové panely jsou opřeny o betonový práh, za betonovým prahem je kamenný pohoz, viz Foto 6.

Koryto v podjezí je lichoběžníkového tvaru a až k silničnímu mostu, vzdálenému cca 50 m, se značným výskytem výmolů a usazenin, Foto 7. Pod jezem, blízko sjezdu do podjezí, bylo zjištěno několik výronů železité vody, Foto 3.

V jezovém profilu u levého břehu je vybudována šterková propust s šířkou 4,00 m, která je oddělena od jezové konstrukce betonovým dělicím pilířem o šířce 1,00 m. Od odběrného objektu ji dělí betonový rozdělovací pilíř. Přístup k šterkové propusti je přes betonovou obslužnou lávku, viz Foto 10. Při otevření šterkové propusti přepadající voda dopadá na "klapačku", konstrukci tlumící energii dopadající vody, zachyceno na Foto 14.

Odběrný objekt se nachází na levém břehu toku a je tvořen betonovým žlabem, ve kterém jsou dvě pole, každé opatřeno ručně ovládaným stavidlem z betonové obslužné lávky, Foto 9, 10. Světla šířka odběrného objektu je 5,40 m.

Na odběrný objekt navazuje náhon MVE s celkovou délkou cca 300 m, který je v prostoru odběrného objektu obdélníkový, po cca 10,00 m, směrem po toku, plynule přechází do lichoběžníkového tvaru. Břehy náhonu jsou stabilizovány betonovými panely po celé délce až k budově MVE, viz Foto 17. Ta se nachází přibližně v půlce délky náhonu. Na vtoku do MVE jsou osazeny hrubé česle, Foto 16. Odpadní voda z MVE odtéká spodním korytem náhonu obdélníkového tvaru opevněného kamennou zdí, viz Foto 19. Koryto odpadního náhonu přechází do lichoběžníkového tvaru po cca 70,00 m a soutok s řekou Opavou je realizován před silničním mostem komunikace III. třídy 4587, Foto 20.

Levý břeh je tvořen betonovou zídka délkou 25,00 m s korunou na úrovni 346,60 m n. m. Zídka je opatřena ocelovým zábradlím. Na konci betonového opevnění, zídka přechází v lichoběžníkové koryto se sklonem 1:1,5, viz Foto 8 a 15. Za úrovní břehové čáry se nachází upravený travní porost s místní obslužnou komunikací pro přílehlý zámek, viz Foto 9.

Na pravém břehu toku je vybudován sjezd do podjezí ze štěrkového parkoviště, které je napojeno na silnici III. třídy číslo 4585. Pravý břeh v nadjezí je porostlý stromy a keři, sklon svahu je cca 1:1,5. Za úrovní pravé břehové čáry se nachází upravený travní porost, viz Foto 11.

5.2. Rekonstrukce jezu -varianta A

V první variantě bylo využito stávajícího dispozičního řešení pro návrh jednotlivých stavebních objektů. Byl zde navržen pevný jez s přelivnou hranou v konstantní úrovni 345,03 m n. m. Jezem vytvořená migrační překážka byla řešena návrhem technického rybiho přechodu umístěným do stávající štěrkové propusti u levého břehu. Jelikož je na řece Opavě vodácký provoz, bylo uvažováno i s výstavbou sportovní vodácké propusti ve stávající štěrkové propusti vedle rybiho přechodu. V návrhu je uvažováno s rekonstrukcí odběrného objektu do náhonu, na kterém leží MVE, a s jeho dalším využitím jako odlehčovacího kanálu. Ve variantě se uvažuje se zrušením MVE a na jejím místě vybudováním balvanitého skluzu.

5.2.1. SO-01 Pevný jez

V rámci SO-01 je proveden návrh rekonstrukce jezu, oprava stávajícího betonového rozdělovacího pilíře a stávající štěrkové propusti. Rozdělovací pilíř bude zachován, avšak bude obložen kamennou dlažbou kotvenou na chemickou kotvu.

Na místě stávajícího lomeného pevného jezu bude vybudován přímý pevný jez odkloněný od osy koryta přibližně o 22°. Šířka přelivné hrany byla stanovena podle stávajícího dispozičního řešení, je tak navržena na hodnotu 23,50 m. Úroveň přelivné hrany nově navrženého pevného jezu je oproti stávajícímu nižší. Jelikož se uvažuje s odstraněním stávající MVE, nebudou již kladeny požadavky na využití energetického potenciálu, tedy na tak velký rozdíl hladin. Navržená přelivná hrana nově vybudovaného pevného jezu má úroveň 345,03 m n. m.

Konstrukce navrženého lichoběžníkového jezu bude železobetonová, obložena těžkou kamennou dlažbou kotvenou do železobetonu (dále ŽB) chemickými kotvami. Návodní, protiproudň, líc bude obsypán těžkým kamenným záhozem se sklonem 1:2.

Pravobřežní zeď bude ze ŽB, obložena kamennou dlažbou, v horním líci obložena betonovou okapničkou, ta má úroveň 347,70 m n. m. Na pravém břehu v nadjezí je umožněn výstup vodáků po vodáckých schodech. Pro pohodlnou přepravu lodí vytažených z řeky Opavy je navržena manipulační zpevněná cesta se šířkou 4,00 m. Ta je napojena na stávající parkoviště u silnice III. třídy č. 4885, končí u havarijního profilu v nadjezí SO-05 Havarijní profil. Pro přístup do podjezí je pak na pravém břehu navržena rampa, se šířkou 3,00 m a sklonem 1:8, začíná těsně za vývarovým prahem a končí u stávajícího parkoviště.

Pro disipaci energie přepadající vody kapacitního průtoku jezu, který dle hydrotechnických výpočtů činí $87,66 \text{ m}^3/\text{s}$, je navržen vývar o hloubce 0,50 m a délky 10,00 m. Vývarová deska o tloušťce 1,00 m je ze ŽB a obložena těžkou kamennou dlažbou. Napojení vývarové desky s vývarovým prahem je pod sklonem 1:2. Vývarový práh o šířce 0,80 m je navržen na kótě dna 342,86 m n. m., která byla použita v dokumentaci Opatření v úseku Brantice. Vývarový práh je v místě vstupu do rybího přechodu v délce 2,00 m snížen o 0,20 m. Snížením vývarového prahu se vytvoří vábící proud pro migrující ryby.

Hydrotechnický výpočet je uveden v příloze P.1.

5.2.2. SO-02 Rybí přechod a sportovní vodácká propust

Rybí přechod a sportovní vodácká propust jsou navrženy do stávající šterkové propusti u levého břehu toku jako sdružený objekt. Šířka stávající šterkové propusti je 4,00 m a je tedy dostatečně široká pro návrh rybího přechodu i vodácké propusti.

Pro průchodnost migrujících ryb byl zvolen komůrkový technický rybí přechod. Jedná se o ŽB žlab o délce 29,30 m s podélným sklonem 1:20. Rybí přechod je rozdělen do 10 komor o světlé délce 3,00 m, jednotlivé komory jsou odděleny 0,25 m širokou příčkou. Šířka šterbiny v příčce je 0,30 m. Světlá šířka rybího přechodu je 1,50 m. Vtokový práh do rybího přechodu je 0,20 m pod úrovní přelivné hrany tj. 344,83 m n. m. a výtok z rybího přechodu je v úrovni dolního upraveného dna na kótě 342,86 m n. m. Prostor mezi odlehčujícím kanálem a rybím přechodem bude upraven, terén bude dosypán až k rybímu přechodu. Hydrotechnický výpočet je uveden v příloze P.1.

Sportovní vodácká propust je z ŽB a od rybího přechodu je oddělena 0,50 m širokou ŽB dělicí stěnou. Šířka sportovní vodácké propusti je 2,00 m. Vtokový práh je na kótě 344,83 m n. m., výtok je v úrovni upraveného dna, na kótě 342,86 m n. m. Podélný sklon propusti je shodný s rybím přechodem tj. 1:20. Celková délka sportovní propusti je 29,30 m. Hydrotechnický výpočet je uveden v příloze P.1.

5.2.3. SO-03 Vtok do odlehčovacího kanálu

Rozměry stávajícího odběrného objektu budou zachovány. Ve dně, v místě stávajících ručně ovládaných stavidel, bude vybudován ŽB dosedací práh v úrovni 344,30 m n. m. Stávající stavidla budou nahrazena novými, ručně ovládanými o šířce jednoho pole 2,50 m. Stávající obslužná lávka bude zachována a bude opatřena novým zábradlím. Betonové zdi odběrného objektu budou lokálně opraveny.

5.2.4. SO-04 Odlehčovací kanál

Dno odlehčovacího kanálu je v horní části za odběrným objektem značně zanesené, stávající kapacita odlehčovacího kanálu je $15 \text{ m}^3/\text{s}$. Pro zvýšení jeho kapacity bude dno vyčištěno od sedimentů. Po jejich odtěžení dojde ke zvýšení kapacity z $15,00 \text{ m}^3/\text{s}$ na $29,00 \text{ m}^3/\text{s}$. Průměrný podélný sklon upraveného koryta je 4‰.

Za odběrným objektem budou lokálně opraveny betonové panely sloužící ke stabilizaci břehů. V místech prosednutí budou panely vráceny do původní úrovně.

V místě stávající MVE bude vybudován balvanitý skluz s přelivnou hranou v úrovni 343,73 m n. m., podélným sklonem 1:12 a délkou 22,20 m. Stabilizace balvanitého skluzu bude provedena těžkou kamennou rovnatinou s velikostí kamene 1,50 m. Kapacita navrženého skluzu je $29,30 \text{ m}^3/\text{s}$. Pod ním bude vybudován kamenný miskovitý vývar o hloubce 0,50 m a délce 5,00 m.

Kolmé kamenné stěny v dolní části budou opraveny, obzvláště v patě stěny budou doplněny kameny s přespárováním.

Hydrotechnický výpočet je uveden v příloze P.1.

5.2.5. S0-05 Havarijní profil

Nad jezovým profilem je navržen tzv. havarijní profil, který bude zajišťovat zachycení možných ropných látek, které by se mohly dostat do vodního toku v důsledku ropné havárie vzniklé proti proudu.

Havarijní profil je zpřístupněn po obou březích. V nadjezí na pravém břehu je vybudována zpevněná manipulační cesta, ta začíná u parkoviště a vede po hranici pravé břehové čáry až k havarijnímu profilu. Pro přístup k vodě budou vybudovány betonové schody, které začínají v patě svahu pravého břehu a končí na úrovni břehové čáry. V blízkosti schodiště, nad úrovní hladiny stálého vzduť, bude vybudován kotvicí trn pro uchycení normé stěny. Na levém břehu bude vybudována jímka k zachycení ropných látek. Dno jímky bude v úrovni 344,63 m n. m. Přístup k jímce bude ze zpevněné manipulační cesty napojené na stávající obslužnou cestu zámku, její šířka je 4,00 m. K jímce bude umožněn přístup vybudováním schodiště po obou jejích stranách. Schodiště začíná v úrovni dna jímky a končí v úrovni břehové čáry. V blízkosti levého schodiště bude vybudován kotevní trn pro uchycení normé stěny.

5.3. Rekonstrukce jezu - varianta B

Dispoziční řešení varianty B vychází z varianty A, kdy je opět uvažováno s lichoběžníkovým pevným jezem s přelivnou hranou v úrovni 345,03 m n. m. V prostoru stávající šterkové propusti je navržen objekt rybího kartáčového přechodu, ten je současně využíván jako sportovní vodácká propust. V nadjezí je uvažováno s havarijním profilem.

5.3.1. SO-01 Pevný jez

Stavební objekt SO-01 je totožný s návrhem ve variantě A. Na místě stávajícího pevného jezu je navržen železobetonový pevný lichoběžníkový jez s přelivnou hranou v úrovni 345,03 m n. m. a šířce přelivné hrany 23,50 m, odkloněn od osy toku o 22°, obložený těžkou kamennou dlažbou kotvenou chemickými kotvami do ŽB. Návodní, protiproudění, líc bude obsypán těžkým kamenným záhozem ve sklonu 1:2. Pravobřežní zeď bude ze ŽB obložena kamenným obkladem, na horním líci obložena okapničkou v úrovni 347,70 m n. m. Na pravém břehu nadjezí je umožněn nástup a výstup vodáků po vodáckých schodech. Pro přenášení lodí z nadjezí do podjezí jsou navrženy na pravém břehu vodácké schody, které jsou napojeny na navrženou manipulační zpevněnou cestu se šířkou 4,00 m. Zpevněná manipulační cesta je napojena na stávající parkoviště na pravém břehu u silnice III. třídy č. 4885 a končí u havarijního profilu v nadjezí, SO-05 Havarijní profil. Pro přístup do podjezí je na pravém břehu navržena rampa se šířkou 3,00 m a sklonem 1:8 Rampa začíná těsně za vývarovým prahem a končí u stávajícího parkoviště.

Pro utlumení energie přepadající vody kapacitního průtoku jezu, který činí 87,66 m³/s je navržen vývar o hloubce 0,50 m a délky 10,00 m. Vývarová deska o tloušťce 1,00 m je ze ŽB a obložena těžkou kamennou dlažbou. Napojení vývarové desky s vývarovým prahem je pod sklonem 1:2. Vývarový práh o šířce 0,80 m je umístěn do úrovně upraveného dna na kótě 342,86 m n. m. jako v dokumentaci Opatření v úseku Brantice. Vývarový práh je v místě vstupu do rybího přechodu snížen o 0,20 m v délce 2,00 m. Snížením vývarového prahu se vytvoří vábící proud pro migrující ryby. Stávající rozdělovací pilíř šterkové propusti bude zachován a obložen kamennou dlažbou připevněnou na chemickou kotvu.

Hydrotechnický výpočet je uveden v příloze P.1.

5.3.2. SO-02 Rybí přechod a vodácká propust

Stávající šterková propust bude zrušena, místo ní bude vybudován technický kartáčový rybí přechod a sportovní vodácká propust. Konstrukčně se jedná o ŽB žlab s 0,50 m širokými stěnami a se světlou šířkou žlabu 4,00 m a sklonem 1:20. Celková délka je 28,80 m. Po délce budou do dna ukotveny svazky kartáčů a tím vytvoří tzv. tůň o šířce 3,00 m. Kartáče budou osazeny i napříč objektem se šířkou mezi kartáči 0,25 m. Kartáče se skládají z jednotlivých vláken o průměru 6,00 mm. Vtokový práh do rybochodu je umístěn na kótě 344,80 m n. m. a výtokový práh je v úrovni upraveného dna v podjezí, v úrovni 342,86 m n. m. Výpočet je uveden v příloze P.1.

5.3.3. SO-03 Vtok do odlehčovacího kanálu

V rekonstrukci odběrného objektu proběhne výměna stávajících ručně ovládaných stavidel, budou nahrazena novými dvoupolovými ručně ovládanými stavidly o šířce jednoho pole 2,50 m. Bude realizována oprava manipulační lávky a osazení nového zábradlí. Ve dně, v místě stávajících ručně ovládaných stavidel, bude vybudován ŽB dosedací práh v úrovni 344,30 m n. m. Betonové zdi odběrného objektu budou lokálně opraveny.

Hydrotechnický výpočet je uveden v příloze P.1.

5.3.4. SO-04 Odlehčovacího kanál

Jak již bylo zmíněné ve variantě A u SO-04 Úprava odlehčovacího kanálu, kapacita stávajícího náhonu je nízká, bude tedy provedeno zkapacitnění odlehčovacího kanálu dle návrhu ve variantě A. Je uvažováno s kapacitou 29,00 m³/s a podélném sklonu upraveného odlehčovacího kanálu 4‰.

V místě stávající MVE bude vybudován balvanitý skluz s přelivnou hranou v úrovni 343,73 m n. m., podélným sklonem 1:12 a délkou 22,20 m. Stabilizace balvanitého skluzu bude provedena těžkou kamennou rovinou s velikostí kamene 1,50 m. Kapacita navrženého skluzu je 29,30 m³/s. Pod ním bude vybudován kamenný miskovitý vývar o hloubce 0,50 m a délce 5,00 m.

Kolmé kamenné stěny v dolní části budou opraveny, obzvláště v patě stěny budou doplněny kameny s přespárováním.

Hydrotechnický výpočet je uveden v příloze P.1.

5.3.5. SO-05 Havarijní profil

Návrh havarijního profilu je shodný s variantou A SO-05 Havarijní profil.

Havarijní profil je zpřístupněn po obou březích zpevněnou manipulační cestou o šířce 4,00 m. Pro přístup k vodě budou vybudovány na obou březích betonové schody začínající v patě svahu pravého břehu a končící na úrovni břehové čáry. V blízkosti schodiště nad úrovní hladiny stálého vzduší bude vybudován kotvící trn pro uchycení norné stěny. Na levém břehu bude vybudována jímka k jímání ropných látek. Dno jímky bude v úrovni 344,63 m n. m.

5.4. Varianta C

V poslední variantě je řešena situace kompletní demolice stávajícího jezu i se šterkovou propustí. Vzniklý spádový rozdíl mezi horním a dolním dnem bude vyrovnán balvanitým skluzem se sportovní propustí pro vodáky na pravém břehu a rybí rampou u levého břehu. V nadjezí není uvažováno s havarijním profilem.

5.4.1. SO-01 Pevný jez

Stávající jez se šterkovou propustí bude odstraněn.

Přelivná hrana balvanitého skluzu bude v úrovni 342,50 m n. m. Šířka přelivné hrany bude 20,40 m. Nátoková hrana bude vysvahována kamenným záhozem ve sklonu 1:2. Podélný sklon balvanitého skluzu je 1:8. Pro stabilizaci v podélném směru a ke snížení vymílací rychlosti je zvolen kámen o velikosti 1,50 m. Pravobřežní zeď bude ze ŽB a obložena chemicky kotvenou kamennou dlažbou, v horním líci obložena betonovou okapničkou v úrovni 347,70 m n. m. Pro přenášení lodí z nadeje do podjezí jsou navrženy na pravém břehu vodácké schody, které jsou napojeny na manipulační zpevněnou cestu se šířkou 4,00 m. Zpevněná manipulační cesta je napojena na stávající parkoviště nacházející se na pravém břehu u silnic III. třídy č. 4885 a končí těsně za vodáckými schody. Pro přístup do podjezí je na pravém břehu navržena rampa se šířkou 3,00 m a sklonu 1:8. Rampa začíná těsně za navrženou sportovní vodáckou propustí a končí u stávajícího parkoviště.

Kapacita navrženého balvanitého skluzu je 107,25 m³/s. Hydrotechnický výpočet je uveden v příloze P.1.

5.4.2. SO-02 Rybí rampa

Hydrotechnický výpočet je uveden v příloze P.1.

5.4.3. SO-03 Vtok do odlehčovacího kanálu

V místě stávajícího stavidlového uzávěru bude vybudován ŽB práh s korunou v úrovni 342,45 m n. m. Práh bude obsypán kamenným záhozem ve sklonu 1:2. Ve středu prahu bude provedeno snížení o 0,10 m na úroveň hrany 342,40 m n. m. Navržený vtokový objekt bude schopen převést do odlehčovacího kanálu maximální kapacitní průtok 25,37 m³/s. Hydrotechnický výpočet je uveden v příloze P.1.

5.4.4. SO-04 Odlehčovacího kanál

Jak již bylo zmíněné ve variantě A u S0-04 Úprava odlehčovacího kanálu, kapacita stávajícího náhonu je nízká, bude tedy provedeno zkapacitnění odlehčovacího kanálu dle návrhu ve variantě A. Je uvažováno s kapacitou 29,00 m³/s a podélným sklonem upraveného náhonu 4‰.

V místě stávající MVE bude vybudován balvanitý skluz s přelivnou hranou v úrovni 343,73 m n. m., podélným sklonem 1:12 a délkou 22,20 m. Stabilizace balvanitého skluzu bude provedena těžkou kamennou rovinaninou s velikostí kamene 1,50 m. Kapacita navrženého skluzu je 29,30 m³/s. Pod ním bude vybudován kamenný miskovitý vývar o hloubce 0,50 m a délce 5,00 m.

Kolmé kamenné stěny v dolní části budou opraveny, obzvláště v patě stěny budou doplněny kameny s přespárováním.

Hydrotechnický výpočet je uveden v příloze P.1.

6. Hydrotechnické výpočty

Návrh diplomové práce je navázán na návrh PPO firmy Pöyry Environment a. s., dnes Aquatis a. s., v úseku Brantice, kde je řešena úprava koryta tak, aby kapacita koryta vyhověla na návrhový průtok $Q_n = Q_{20} = 120 \text{ m}^3/\text{s}$.

V první fázi hydrotechnických výpočtů byl sestaven v ř. km 78,340 matematický model v programu HEC-RAS 4.1.0. Model byl sestaven z návrhového průtoku $Q_n = Q_{20} = 120 \text{ m}^3/\text{s}$ a z příčných profilů převzatých z projektové dokumentace PPO. V dalším kroku hydrotechnických výpočtů byla provedena kalibrace matematického modelu.

Následně byl proveden návrh pevného jezu programem Excel z balíku MS-OFFICE. Součástí návrhu pevného jezu bylo i posouzení spodní stavby jezu a návrh vývaru. Z navržených rozměrů bylo provedeno posouzení jezové konstrukce na bezpečnost prolomení vývarové desky, bezpečnost proti posunutí a na délku obtékaného obrysu. Dále byl proveden návrh balvanitého skluzu jako třetí varianta možného řešení rekonstrukce v prostoru stávajícího jezu.

V hydrotechnických výpočtech je dále uvažováno s návrhem rybího přechodu, sportovní vodácké propusti a s odběrným objektem do odlehčovacího kanálu.

V závěru hydrotechnických výpočtů bylo provedeno posouzení kapacity stávajícího náhonu do MVE a návrh zkapacitnění nově vybudovaného odlehčovacího kanálu s návrhem balvanitého skluzu v místě stávající MVE.

6.1. Kalibrace modelu

Jak již bylo výše zmíněno, pro řešení diplomové práce byl vytvořen matematický model lokality v ř. km 78,340. Geometrická data pro vytvoření modelu byla převzata z dokumentace „Opatření v úseku Brantice“, dále byla převzata hodnota návrhového průtoku a hodnoty průběhu hladin.

Kalibrování modelu vycházelo z přiřazení součinitele drsnosti omočeného obvodu tak, aby vypočítané hodnoty odpovídaly hodnotám průběhu hladin v dokumentaci „Opatření v úseku Brantice“. Aby bylo možné říci, že vypočítané hodnoty programem HEC - RAS jsou přípustné, byla zvolena odchylka hodnot matematického modelu s hodnotami danými PPO, stanovena číslem 0,08. Porovnáním vypočtených hladin s podklady PPO, byly vyhodnoceny průměrné součinitele drsností pro bermu a kynetu.

Tabulka 3: Použité součinitele drsností omočeného obvodu

Profil	Staničení	Levá bermu	Kyneta	Pravá bermu
	(km)	n [-]	n [-]	n [-]
6	0,637	0,045	0,035	0,045
7	0,626	Silniční most		

Profil	Staničení	Levá berma	Kyneta	Pravá berma
	(km)	n [-]	n [-]	n [-]
8	0,619	0,05	0,042	0,05
9	0,582	0,035	0,03	0,035
10	0,531	0,06	0,05	0,06
11	0,522	Lávka		
12	0,513	0,08	0,075	0,08
12A	0,49	0,085	0,09	0,085
13A	0,463	0,02	0,02	0,02
13	0,44	0,03	0,02	0,025
14	0,382	0,035	0,03	0,035
15	0,282	0,07	0,055	0,065
16	0,23	0,03	0,035	0,035
17	0,221	Silniční most		
18	0,208	0,07	0,065	0,07
19	0,182	0,045	0,035	0,045
19A	0,151	0,03	0,03	0,03
20	0,082	0,035	0,03	0,035
21	0,000	0,075	0,065	0,075

Průměrná hodnota drsnosti pro bermy je $n_{berma} = 0,050$, pro kynetu pak $n_{kyneta} = 0,044$.

V následující tabulce je uveden výstup kalibrace matematického modelu. Téměř ve všech profilech bylo dosaženo rozdílu hladin 0,02 m. V profilech 19 - staničení 0,182 a 12 - staničení 0,513 nebylo dosaženo požadovaného rozdílu. Důvodem je, že v PPO je uvedena v profilu 19 hodnota hladiny pro průtok Q_{100} a ne pro návrhový průtok Q_n .

Tabulka 4: Výstup kalibrovaných hodnot

Staničení	Profil	Dno	Pravý břeh	Levý břeh	Hladina model	Hladina studie
(km)		(m n. m.)	(m n. m.)	(m n. m.)	(m n. m.)	(m n. m.)
0,637	6	342,86	346,25	346,8	345,54	343,53
0,626	Silniční most					

Staničení	Profil	Dno	Pravý břeh	Levý břeh	Hladina model	Hladina studie
(km)		(m n. m.)	(m n. m.)	(m n. m.)	(m n. m.)	(m n. m.)
0,619	8	342,76	346,05	346,8	345,42	345,4
0,582	9	342,54	345,79	346,3	345,18	345,16
0,531	10	342,24	346,39	345,77	345,07	345,09
0,522	Lávka					
0,513	12	342,13	346,3	345,54	344,95	344,06
0,49	12A	342,00	346,3	345,21	344,58	344,56
0,463	13A	341,84	345,75	344,69	344,60	344,52
0,44	13	341,70	345,27	345,22	344,46	344,54
0,382	14	341,49	344,55	345,08	344,03	344,05
0,282	15	341,13	344,48	344,23	343,74	343,73
0,23	16	340,93	344,75	345,81	343,66	343,68
0,221	Silniční most					
0,208	18	340,87	344,92	344,68	343,58	343,56
0,182	19	340,76	344,78	344,47	343,49	343,97
0,151	19A	340,65	343,5	344,33	343,30	343,29
0,082	20	340,40	344,99	344,26	343,27	343,27
0,000	21	340,03	343,73	344,2	343,14	343,21

Výše uvedené výsledky kalibrace modelu v programu HEC - RAS 4.1.0 byly dále použity pro hydrotechnické výpočty návrhu jezu.

6.2. Hladina stálého vzdutí

Hladina stálého vzdutí (dále HSV) byla oproti původnímu stavu snížena na úroveň 415,03 m n. m. Důvodem snížení byla úvaha, že MVE nacházející se na levém břehu bude zrušena, tím není důvod pro zachování stávající úrovně HSV. Vlivem snížení dojde ke zmenšení délky vzdutí, další projev bude v mírném ovlivnění hladiny podzemní vody lokálním snížením.

6.3. Návrh pevného jezu

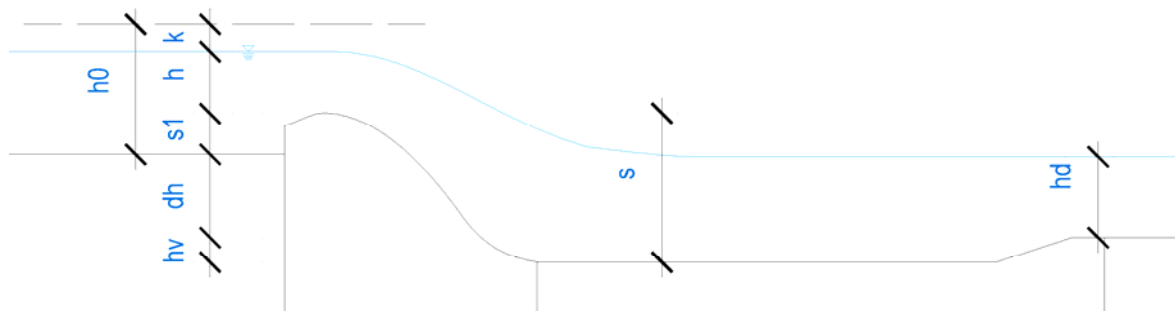
6.3.1. Proudnicový přeliv s přelivnou plochou dle Smetany

Prvotní ideou bylo navrhnout, pomocí hydrotechnických výpočtů v programu Excel, Smetanovu přelivnou plochu, která by byla z hydraulického hlediska nejvhodnějším řešením. Ovšem s předpokladem vodáckého provozu, by byla Smetanova přelivná plocha, z jejího podceňování vodáky, riziková. Bylo tak upuštěno od zpracování podrobnějšího návrhu pevného jezu se Smetanovou přelivnou plochou. Navržena byla

nakonec lichoběžníková konstrukce. Pro názornost byl proveden výpočet obou možností jezové konstrukce.

Návrhové parametry jezu byly navrženy z dispozičního řešení zkoumající lokality. Šířka přelivné hrany byla odvozena ze stávajícího řešení. Vzhledem k nižším požadavkům na odběr vody do odlehčovacího kanálu, byla oproti stávajícímu stavu snížena hodnota vzdouvací výšky s_1 . Návrhová výška přepadového paprsku byla odvozena z výškových poměrů levého a pravého břehu, byla stanovena 0,10 m pod úroveň levobřežní opěrné zdi, která má korunu zídky v úrovni 346,60 m n. m.

Parametry navržené Smetanovy přelivné plochy a tabulka s hydrotechnickým výpočtem je uvedena v příloze P.1. Výpočtem v programu Excel byl stanoven kapacitní průtok přes jez se Smetanovou přelivnou plochou, o přepadové výšce $h = 1,45$ m, na průtok $Q = 116,99 \text{ m}^3/\text{s}$.



Obrázek 25: Schéma Smetanovy přelivné plochy [vlastní]

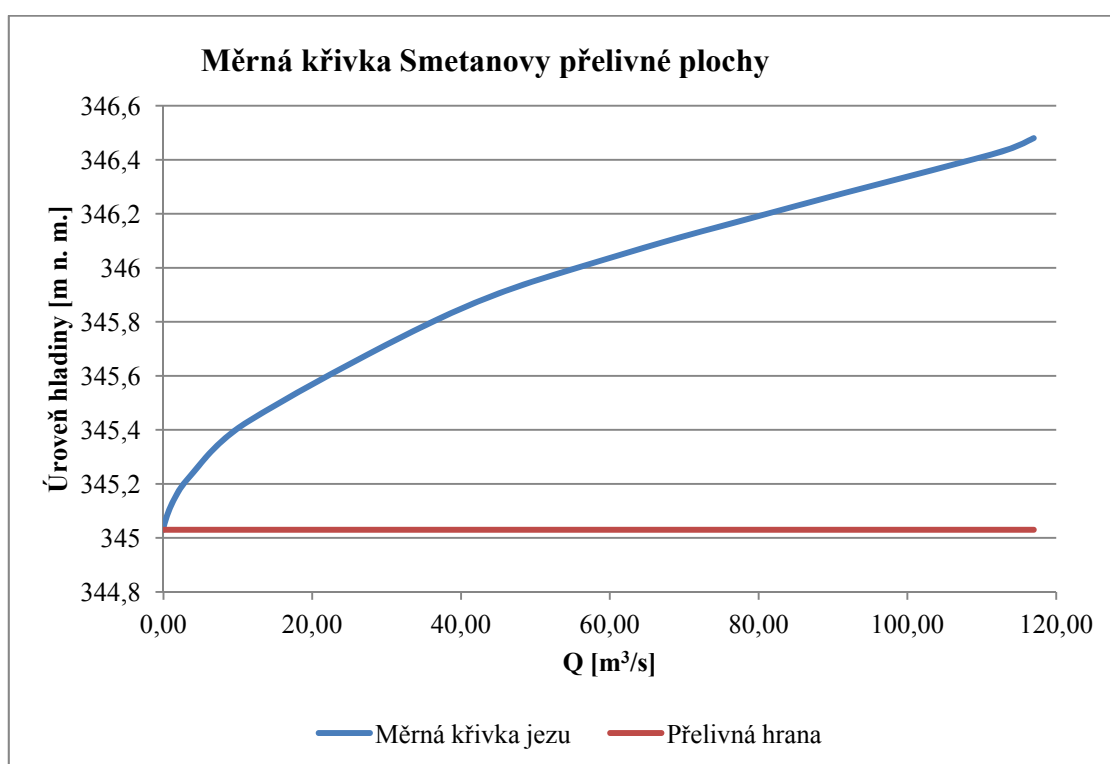
Základní rozměry pro návrh Smetanovy přelivné plochy, spočítány dle kapitoly 3.4. Hydrauliky přelivu:

- $b = 23,5$ [m]
- $m = 0,42$ [-]
- $s_1 = 0,60$ [m]
- $h_d = 2,67$ [m]
- $h_h = 2,51$ [m]
- $d_h = 1,49$ [m]
- $\alpha = 1,05$ [-]

Tabulka 5: Měrná křivka Smetanovy přelivné plochy

	h	Q
[m n. m.]	[m]	[m ³ /s]
345,03	0,00	0,00
345,05	0,02	0,10

	h	Q
[m n. m.]	[m]	[m ³ /s]
345,13	0,10	1,20
345,23	0,20	3,61
345,43	0,40	11,32
345,83	0,80	38,50
346,03	1,00	59,21
346,23	1,20	85,18
346,43	1,40	112,64
346,48	1,45	116,99



Graf 1: Měrná křivka Smetanovy přelivné plochy

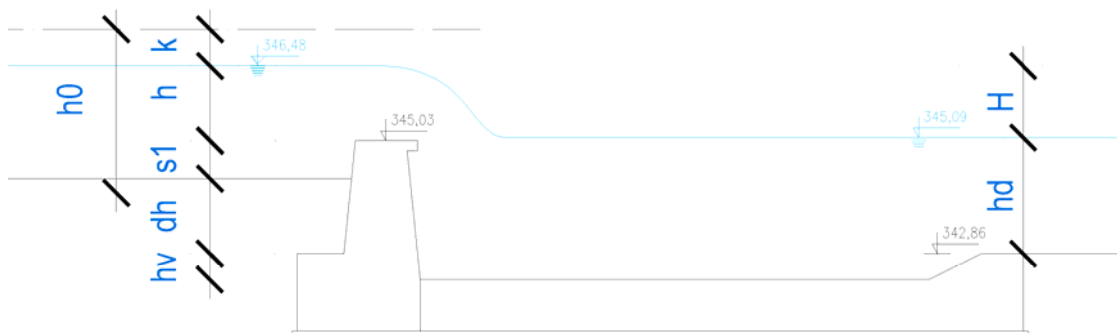
6.3.2. Lichoběžníkový přeliv

Výrazně lepší varianta pro realizaci a snížení rizika nebezpečí pro vodáky je lichoběžníkový tvar jezu. Tento typ jezové konstrukce je uvažován pro variantu A i B.

Návrhové parametry jezu byly navrženy z dispozičního řešení lokality. Šířka přelivné hrany byla odvozena ze stávajícího řešení. Vzhledem k nižším požadavkům na odběr vody do odlehčovacího kanálu byla oproti stávajícímu stavu snížena hodnota výšky vzduť s_1 . Návrhová výška přepadového paprsku byla odvozena z výškových poměrů levého a pravého břehu, byla stanovena 0,10 m pod úroveň levobřežní opěrné zdi, která má korunu zídky v úrovni 346,60 m n. m. Parametry navrženého lichoběžníkového jezu a tabulka s hydrotechnickým výpočtem je uvedena v příloze P.1. Vý-

Základní rozměry pro návrh lichoběžníkového jezu jsou spočítány dle kapitoly 3.4. Hydraulika přelivu, odlišnost od výpočtu Smetanovy přelivné plochy je v použitém součiniteli přepadu.

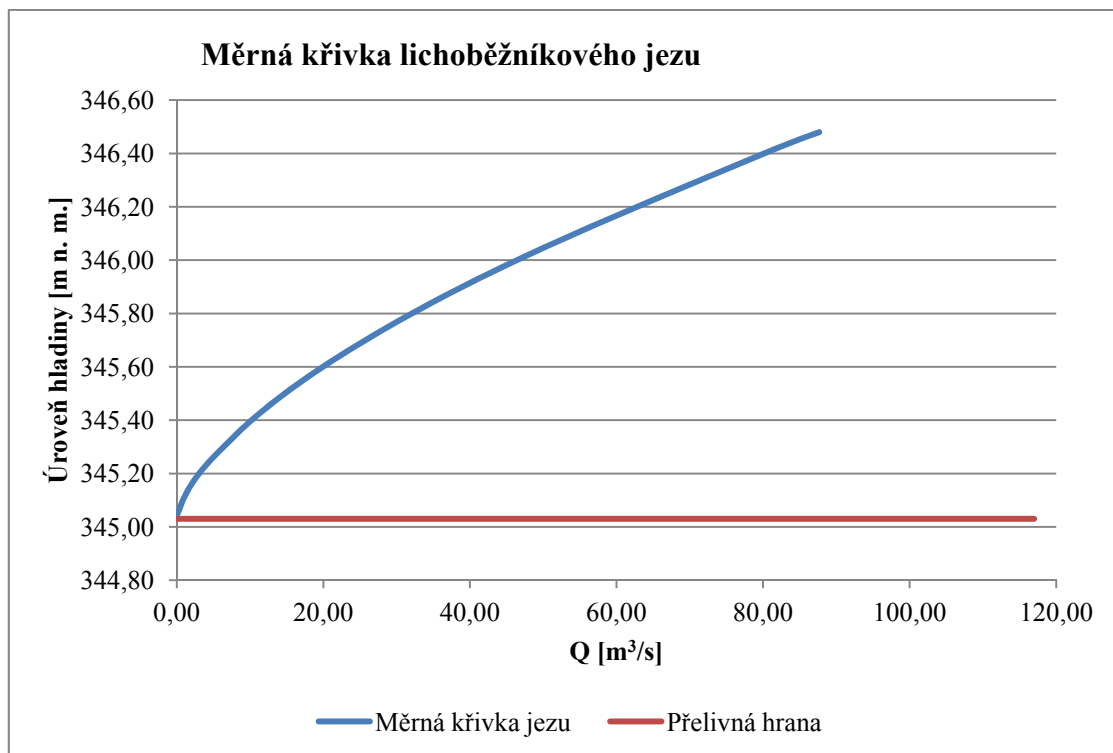
- $B = 23,5$ [m]
- $m = 0,38$ [-]
- $s_1 = 0,73$ [m]
- $h_d = 2,67$ [m]
- $h_h = 2,51$ [m]
- $d_h = 1,49$ [m]
- $\alpha = 1,05$ [-]



Obrázek 26: Schéma lichoběžníkového jezu [vlastní]

Tabulka 6: Měrná křivka lichoběžníkového jezu

	h	Q _{II}
[m n. m.]	[m]	[m ³ /s]
345,05	0,02	0,12
345,13	0,10	1,38
345,23	0,20	3,94
345,43	0,40	11,42
345,63	0,60	21,52
345,83	0,80	33,94
346,03	1,00	48,52
346,23	1,20	65,11
346,43	1,40	82,45
346,48	1,45	87,28



Graf 2: Měrná křivka lichoběžníkového jezu

Přestože Smetanova plocha má lepší výsledky, co se převedené kapacity týče, je za návrh zvolena plocha lichoběžníková. Je tak učiněno skrz zajištění bezpečnosti osob vyskytujících se na jezu.

6.3.3. Balvanitý skluz

Pro variantu C byl navržen balvanitý skluz s šířkou přelivné hrany 20,40 m a sklonem balvanitého skluzu 1:8. Kapacitní průtok byl spočítán v programu Excel a výška kapacitního průtoku byla zvolena jako hodnota levobřežní břehové čáry. Přelivná hrana balvanitého skluzu je v úrovni 344,50 m n. m. Balvanitý skluz je nutné posoudit na velikost vymílací rychlosti.

Tabulka 7: Balvanitý skluz

Balvanitý skluz						
Dno nad skluzem		344,30	m n. m.			
Dno pod skluzem		342,86	m n. m.			
Přelivná hrana		344,50	m n. m.			
Břeh		346,60	m n. m.			
Dolní hladina		345,09	m n. m.			
$b_1 =$	20,40	[m]		$D =$	1,50	[m]
$m =$	1:	0,1		$m =$	1:	8
$i =$	0,004	[-]		$h_{\text{přepad.vyš.}} =$	2,10	
$n =$	0,10	[-]		$h_{\text{bal. skluzu}} =$	1,44	[m]
$h =$	2,10	[m]		$L =$	11,52	[m]

Balvanitý skluz						
A =	43,05	[m ²]		C _s =	0,86	[-]
O =	24,62	[m]		v _{vs} =	8,18	[m/s]
R =	1,75	[m]				
C =	10,98	[m ^{0,5} /s]		b ₁ =	20,4	[m]
v =	0,92	[m/s]		m' =	1:	0,1
h ₀ =	2,14	[m]		i =	0,125	[-]
C	0,50	[-]		n =	0,1	[-]
C/h ₀	0,23	[-]		h =	2,14	[m]
p ₁ / h ₀	0,09	[-]		A =	43,05	[m ²]
H ₁ / h ₀	0,28	[-]		O =	24,71	[m]
M	1,67	[-]		R =	1,74	[m]
M'	1,67	[-]		C =	10,97	[m ^{0,5} /s]
σ	0,92	[-]		v _s =	5,12	[m/s]
A	1,00	[-]		Q =	98,67	[m³/s]
K	1,00	[-]		q =	4,84	[m ² /s]
	v _{vs}	>		v _s	VYHOVUJE	
	8,18	>		5,12	[m/s]	

Navržený balvanitý skluz převede průtok $Q = 98,67 \text{ m}^3/\text{s}$. Při tomto průtoku je splněna podmínka pro vymílací rychlost, nebude zde docházet k vymílání.

6.4. Návrh spodní stavby

Návrh spodní stavby navazuje na návrh jezové konstrukce. Jez pro variantu A a B je shodný, tím i návrh spodní stavby je pro tyto varianty identický. Pro variantu C se neuvažuje s návrhem spodní stavby.

Pod pojmem „návrh spodní stavby“ je uvažováno s návržením a následným posouzením vývaru, tedy hloubkou vývaru, tloušťkou a délkou vývarové desky.

6.4.1. Návrh hloubky vývaru

Hloubka vývaru, pro utlumení energie vody přepadající přes přelivnou hranu jezu, je navržena na kapacitní průtok lichoběžníkové jezové konstrukce.

Pro výpočet byly použity tyto vztahy [11]:

$$q = \frac{Q}{B_c} \quad (6.1)$$

$$h_2 = \frac{h_1}{2} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{8\beta q^2}{h_1^3 g}} \right) \quad (6.2)$$

$$h_c = h_1 = \frac{q}{\phi \sqrt{2g(E_o - h_c)}} \quad (6.3)$$

$$E_0 = d + S + h_0 \quad (6.4)$$

$$h_0 = k + h \quad (6.5)$$

$$k = \frac{\alpha v^2}{2g} \quad (6.6)$$

Navržená hloubka vývaru je 0,5 m. Tabulka s vypočtenými hodnotami parametrů pro jednotlivé průtoky je uvedena v příloze P.1.

6.4.2. Návrh tloušťky vývarové desky

Tloušťka vývarové desky byla spočítána dle Dombrovského a Tarajmoviče. [11] Do výpočtu dle Dombrovského vstupuje rychlost proudu vody odpovídající kapacitnímu průtoku přes lichoběžníkový jez.

Dombrovský:

$$t_d = 0,15 v_1 h_1^{0,5} \quad (6.7)$$

$$v_1 = \frac{q}{h_1} \quad (6.8)$$

Tarajmovič:

$$t_d = 0,4 \left(\frac{q}{2} \right)^{0,5} H^{0,25} \quad (6.9)$$

H - rozdíl hladin při Q_n

Tabulka 8: Návrh tloušťky vývarové desky

Tloušťka desky		
v_1	8,72	m/s
$t_{dDombrovský}$	0,86	m
h_h	3,80	m
h_d	2,23	m
H	1,57	m
$t_{dTajmovič}$	0,61	m
Návrh	1,00	m

Průměrná tloušťka vývarové desky, dle autorů Dombrovský a Tarajmovič, byla vypočítána na hodnotu 0,7 m, navržená je však $t_d = 1,00$ m. Toto navýšení je z důvodu položení kamenného obkladu o tloušťce 0,30 m, který zlepší vlastnosti vývarové desky proti obrusu.

6.4.3. Návrh délky vývaru

Výpočet délky vývarové desky byl proveden podle Nováka a podle Smetany. Návrh délky vývaru závisí na délce vzniklého vodního skoku a jeho vzájemných hloubkách h_1 a h_2 . Z uvedených hloubek se stanoví součinitel K .

Tabulka 9: Hodnoty součinitele K pro návrh délky vývařště [11]

h_2/h_1	< 4	4 - 6	6 - 20	> 20
K	5,5	5	4,5	4

Výpočet dle Nováka [11]:

$$L_v = k(h_2 - h_1) \quad (6.10)$$

Výpočet dle Smetany [11]:

$$L_v = 6(h_2 - h_1) \quad (6.11)$$

Tabulka 10: Návrh délky vývaru

Délka vývaru				
h_2/h_1	5,76	=>	$K =$	5
L_v	9,16	m	dle Nováka	
L_v	12,21	m	dle Smetany	
Návrh	10,00	m		

Vývarová deska je navržena mezi hodnotami výše zmíněných autorů, její délka je $L_v = 10,00$ m.

6.5. Návrh rybího přechodu

Již v teoretické části práce bylo vymezeno lipanové pásmo vod v řešené lokalitě. Z tohoto vstupního údaje se odvíjí návrh rybího přechodu splňující požadavky TNV 75 7221 a Standardy péče o přírodu a krajinu.

6.5.1. Rybí přechod - varianta A

Pro variantu A je navržen technický šterbinový rybí přechod jako sdružený objekt se sportovní vodáckou propustí.

Postup a vzorce pro návrh rybího přechodu jsou uvedeny v kapitole 4.4.4.

Základní geometrické rozměry

- Celkový výškový spád $dH_{rp} = 1,44$ m

- Návrhový průtok RP $Q_{rp} = 0,28 \text{ m}^3/\text{s}$
- Podélný sklon $1:20$
- Délka RP $L_{rb} = 29,70 \text{ m}$
- Šířka kanálu $B_{rp} = 1,50 \text{ m}$

Tůňka

- Délka tůňky $L_{tůňky} = 3,00 \text{ m}$
- Šířka tůňky $B_{tůňky} = 1,50 \text{ m}$
- Střední rychlost v tůňce $v_{tůňky} = 1,41 \text{ m/s}$

Štěrbina

- Šířka štěrbiny $B_{štěrbiny} = 0,40 \text{ m}$
- Počet štěrbin na přepážce $n_{štěrbin} = 1,00 \text{ ks}$
- Minimální hloubka vody $h_{min} = 0,20 \text{ m}$
- Maximální hloubka vody $h_{max} = 0,80 \text{ m}$
- Rozdíl hladin na štěrbině $\Delta h = 0,20 \text{ m}$
- Rychlost vody ve štěrbině $v_{max} = 1,80 \text{ m/s}$

6.5.2. Rybí přechod - varianta B

Ve variantě B je navržen technický kartáčový rybí přechod, který bude zároveň sloužit i jako sportovní vodácká propust. Návrh tohoto typu rybího přechodu je inspirován realizací rekonstrukce jezu Jelení lávka v Českém Krumlově.

Pro výpočet byl použit Excel vytvořený německou Univerzitou Kassel, Ústav laboratorních testů pro životní prostředí a vodohospodářských staveb [14].

Hydrotechnický výpočet kartáčového rybího přechodu je uveden v příloze P.1.

Základní geometrické rozměry

- Celkový výškový spád $dH_{rp} = 1,44 \text{ m}$
- Návrhový průtok RP $Q_{rp} = 0,66 \text{ m}^3/\text{s}$
- Podélný sklon $1:20$
- Délka RP $L_{rb} = 28,50 \text{ m}$
- Šířka kanálu $B_{rp} = 4,00 \text{ m}$

Tůňka

- Délka tůňky $L_{tůňky} = 3,00 \text{ m}$
- Šířka tůňky $B_{tůňky} = 4,00 \text{ m}$
- Střední rychlost v tůňce $v_{tůňky} = 0,32 \text{ m/s}$

Kartáče

- Šířka štěrbiny $B_{štěrbiny} = 0,40 \text{ m}$
- Průměr vlákn $d_B = 7 \text{ mm}$

- | | |
|------------------------------|---------------------------------------|
| • Počet vláken | $n_{\text{vláken}} = 1576 \text{ ks}$ |
| • Počet svazků kartáčů | $n_{\text{kartáčů}} = 263 \text{ ks}$ |
| • Minimální hloubka vody | $h_{\text{min}} = 0,60 \text{ m}$ |
| • Maximální hloubka vody | $h_{\text{max}} = 0,80 \text{ m}$ |
| • Rozdíl hladin mezi kartáči | $\Delta h = 0,20 \text{ m}$ |
| • Rychlost vody mezi kartáči | $v_{\text{max}} = 1,59 \text{ m/s}$ |

Navržené parametry rybího přechodu umožňují jeho využití i ve vodácké dopravě. Šířka rybího přechodu je dostačující k proplutí i širších raftových člunů. Pro větší pohodlí vodáků při sjezdu rybího přechodu budou krajní části, v šířce 0,5 m z obou stran, upraveny tak, aby vytvořily za pomoci kartáčů tvar "U" v hladině. Tím se získá soustředěný tok k ose rybího přechodu a nebude docházet k narážení lodí do okrajových zdí.

6.5.3. Rybí přechod - varianta C

Volba typu rybího přechodu vycházela z navrženého řešení balvanitého skluzu. Rybí přechod je navržen jako rybí rampa o šířce 5,00 m a podélném sklonu 1:15. Úroveň vtoku do rybího přechodu je 344,30 m n. m. Hydrotechnický výpočet rybího přechodu je proveden pouze ideově pro potřebný minimální průtok, který je zapotřebí pro nízké vodní stavby.

Tabulka 11: Výpočet rybí rampy

Výpočet rybí rampy						
Dno nad rampou		344,30	m n. m.			
Dno pod rampou		342,86	m n. m.			
Přelivná hrana skluzu		344,50	m n. m.			
Břeh		346,60	m n. m.			
b ₁ =	5,00	[m]		D =	0,80	[m]
m =	1:	0,1		m =	1:	15
i =	0,004	[-]		h _{přepad.výš.} =	0,20	
n =	0,10	[-]		h _{bal. skluzu} =	1,44	[m]
h =	0,20	m		L =	21,20	[m]
A =	1,02	m ²		C _s =	0,90	[-]
O =	5,40	[m]		v _{vs} =	4,59	[m/s]
R =	0,19	[m]		b ₁ =	5,00	[m]
C =	7,57	[m ^{0,5} /s]		m' =	1:	0,1
v =	0,21	[m/s]		i =	0,13	[-]
h ₀ =	0,20	[m]		n =	0,10	[-]
C	0,50	[-]		h =	0,20	[m]
C/h ₀	2,47	[-]		A =	1,02	[m ²]
p ₁ / h ₀	0,00	[-]		O =	5,41	[m]
M	1,70	[-]		R =	0,19	[m]
M'	1,70	[-]		C =	7,57	[m ^{0,5} /s]
σ	1,00	[-]		v _s =	1,16	[m/s]
A	1,00	[-]		Q =	0,77	[m³/s]
K	1,00	[-]		q =	0,15	[m ² /s]
	v _{vs}	>	v _s	VYHOVUJE		
	4,59	>	1,16	[m.s ⁻¹]		

Při nízkých stavech vody v korytě řeky, by měl protékat minimální průtok $Q = 0,77 \text{ m}^3/\text{s}$. Dle posouzení vymílací rychlosti zde nedojde k vymílání.

6.6. Návrh vodácké propusti

Pro určení množství průtoku do sportovní propusti bylo použito vzorce [22]:

$$Q = \sigma_z \frac{2}{3} \mu_p b_0 \sqrt{2g} h_0^{\frac{3}{2}} \quad (6.12)$$

6.6.1. Vodácká propust - varianta A

Sportovní vodácká propust je navržena ve sdruženém objektu se šterbinovým rybím přechodem v místě stávající šterkové propusti. Vtokový práh je na úrovni 344,83 m n. m. a světlá šířka sportovní vodácké propusti je 2,00 m. Propust je oddělena od rybího přechodu dělicí stěnou širokou 0,50 m. Podélný sklon vodácké propusti je stejný jako u vedlejšího rybího přechodu, sklon je 1:20 a délka 29,30 m. Výtokový práh je v úrovni 342,86 m n. m. Následující tabulka je rozdělena na část vstupních údajů – horní a část vypočtených hodnot – spodní.

Tabulka 12: Minimální průtok do sportovní vodácké propusti - varianta A

Vodácká propust - varianta A		
Přelivná hrana jezu	345.03	m n. m.
Vtokový práh	344.83	m n. m.
Výtokový práh	342.86	m n. m.
Výškový rozdíl	1.97	m
Sklon 1:	20	-
Délka propusti	29.30	m
Světlá šířka	2.00	m
Průtok do vodácké propusti		
práh rybochodu	344.80	m n. m.
s	0.50	m
σ_z	1.00	-
m	0.38	-
h_0	0.28	m
b	2.00	m
ξ	0.70	-
b_o	1.96	m
Q	0.33	m ³ /s

6.6.2. Vodácká propust - varianta B

Vodácká propust je řešena společně s kartáčovým rybím přechodem jako jeden objekt umístěný ve stávající šterkové propusti. Rybí přechod tedy slouží jak pro migraci ryb, tak pro vodácké účely. Příčný profil je řešen složením dvou obdélníkových profilů, kde spodní má šířku 3,00 m a výšku 0,60 m, na něj navazuje obdélník horní se šířkou 4,00 m a zbývajícím výškou 0,40 m. Toto rozšíření má zajistit bezproblémový průplav lodí vodáckou propustí, potažmo rybím přechodem.

Vtokový práh je v úrovni 344,83 m n. m. a výtokový práh je zavázán do upraveného dna v úrovni 342,86 m n. m. Návrhové hodnoty jsou identické hodnotám RP varianty B, uvedené v hydrotechnických výpočtech a kapitole 6.5.2. Rybí přechod - varianta B.

Tabulka 13: Minimální průtok do sportovní vodácké propusti – varianta B

Vodácká propust - varianta B		
Přelivná hrana jezu	345.03	m n. m.
Vtokový práh	344.83	m n. m.
Výtokový práh	342.86	m n. m.
Výškový rozdíl	1.44	m
Sklon 1:	20	
Délka propusti	28.50	m
Světlá šířka	4.00	m
Průtok do vodácké propusti		
Práh propusti	344.80	m n. m.
s	0.50	m
σ_z	1.00	-
m	0.38	-
h_0	0.28	m
b	4.00	m
ξ	0.70	-
b_0	3.96	m
Q	0.66	m ³ /s

6.6.3. Vodácká propust - varianta C

V posledním návrhu je spočítána sportovní vodácká propust u pravého břehu jako betonový, 2,00 m široký, žlab s přelivnou hranou v úrovni 344,50 m n. m. a s podélným sklonem 1:10. Výtokový práh je v úrovni 342,86 m n. m.

Tabulka 14: Minimální průtok do sportovní vodácké propusti - varianta C

Vodácká propust - varianta C		
Přelivná hrana skluzu	344.50	m n. m.
Vtokový práh	344.30	m n. m.
Výtokový práh	342.86	m n. m.
Výškový rozdíl	1.44	m

Sklon 1:	10.00	
Délka propusti	14.40	m
Světlá šířka	2.00	m
Průtok do vodácké propusti		
Práh propusti	344.30	m n. m.
s	0.50	m
σ_z	1.00	-
m	0.38	-
h_0	0.25	m
b	2.00	m
ξ	0.70	
b_0	1.96	m
Q	0.28	m ³ /s

6.7. Návrh odběrného objektu do odlehčovacího koryta

Varianty řešení neuvažují s ponecháním stávající MVE, může tedy dojít k využití náhonu jako odlehčovacího kanálu. Ve všech variantách je využito stávající dispozice na levém břehu.

6.7.1. Odběrný objekt - varianta A, B

Odběrný objekt je pro varianty A a B navržen jako stavidlový, ručně ovládaný, uzávěr. Drážky pro vedení stavidlového uzávěru budou zapuštěny do svislých stěn. Pro výpočet průtoku pod stavidlem byla použita rovnice: [22].

$$Q = \mu b h_2 \sqrt{2g \left(h_1 - \frac{h_2}{2} \right)} \quad (6.13)$$

6.7.2. Varianta C

Odběrný objekt je vybudován jako dnový práh z protiproudního a poproudního líce obsypáného kamenným pohozením. Výpočet průtoku do odlehčovacího náhonu byl proveden v programu Excel s použitím vzorce pro přepad přes širokou korunu do výšky přepadového paprsku $h = 0,19$ m. Při zvyšující se výšce přepadového paprsku bylo počítáno vzorcem pro přepad přes ostrou hranu.

Návrhové parametry hrázky:

- Výška prahu $s_1 = 0,30$ m
- Šířka prahu $t = 0,50$ m

Tabulka 15: Kapacitní průtok přes práh do odlehčovacího kanálu

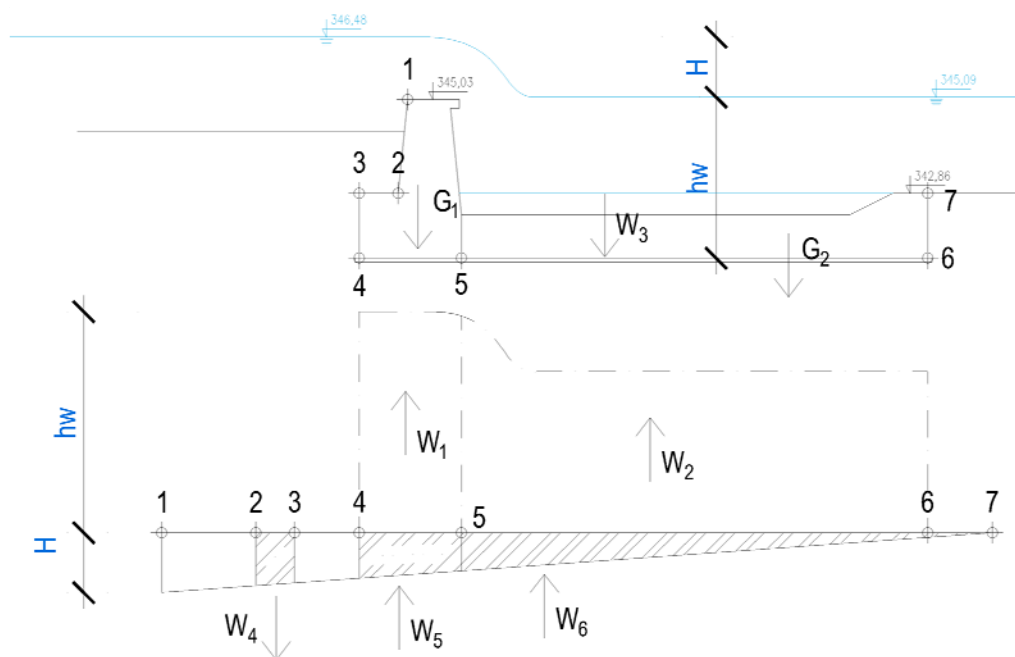
m n. m.	h	Q	v ₁	k	h ₀	h _d	h _z /h	σ _z	φ	m	Q
	[m]	[m ³ /s]	[m/s]	[m]	[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[m ³ /s]
344,32	0,02	0,02	0,21	0,01	0,03	0,02	0,000	1	0,912	0,33	0,04
344,40	0,10	0,24	0,46	0,02	0,12	0,10	0,000	1	0,912	0,33	0,31
344,50	0,20	0,69	0,65	0,03	0,23	0,18	0,000	1	0,912	0,39	0,94
344,60	0,30	1,26	0,80	0,04	0,34	0,25	0,000	1	0,912	0,39	1,66
344,70	0,40	1,94	0,92	0,05	0,45	0,36	0,150	0,990	0,912	0,39	2,46
344,80	0,50	2,71	1,03	0,06	0,56	0,45	0,300	0,990	0,912	0,39	3,38
344,90	0,60	3,56	1,13	0,06	0,66	0,55	0,417	0,988	0,912	0,39	4,38
345,00	0,70	4,49	1,22	0,07	0,77	0,63	0,471	0,983	0,912	0,39	5,43
345,10	0,80	5,48	1,31	0,07	0,87	0,70	0,500	0,980	0,912	0,39	6,56
345,20	0,90	6,54	1,39	0,07	0,97	0,81	0,567	0,966	0,912	0,39	7,67
345,30	1,00	7,66	1,46	0,08	1,08	0,88	0,580	0,964	0,912	0,39	8,91
345,40	1,10	8,84	1,53	0,08	1,18	1,02	0,655	0,942	0,912	0,39	9,99
345,50	1,20	10,07	1,60	0,09	1,29	1,05	0,625	0,953	0,912	0,39	11,46
345,60	1,30	11,35	1,67	0,09	1,39	1,12	0,631	0,950	0,912	0,39	12,83
345,70	1,40	12,69	1,73	0,09	1,49	1,22	0,657	0,933	0,912	0,39	14,04
345,80	1,50	14,07	1,79	0,10	1,60	1,35	0,700	0,906	0,912	0,39	15,08
345,90	1,60	15,50	1,85	0,10	1,70	1,42	0,700	0,906	0,912	0,39	16,56
346,00	1,70	16,98	1,91	0,10	1,80	1,54	0,729	0,879	0,912	0,39	17,55
346,10	1,80	18,50	1,96	0,10	1,90	1,6	0,722	0,889	0,912	0,39	19,30
346,20	1,90	20,06	2,01	0,11	2,01	1,70	0,737	0,873	0,912	0,39	20,50
346,30	2,00	21,66	2,07	0,11	2,11	1,82	0,760	0,846	0,912	0,39	21,42
346,40	2,10	23,31	2,12	0,11	2,21	1,90	0,762	0,843	0,912	0,39	22,93
346,50	2,20	24,99	2,17	0,12	2,32	1,95	0,750	0,858	0,912	0,39	24,97
346,60	2,30	26,72	2,22	0,12	2,42	2,10	0,783	0,817	0,912	0,39	25,37

6.8. Posouzení stability

Pro posouzení stability navržených konstrukcí by bylo potřeba v blízkém okolí místa stavby provést vrty pro stanovení přesných geologických a hydrogeologických poměrů. Následující posouzení stability jsou díky neznámým základacím podmínkám nepřesné.

6.8.1. Bezpečnost proti vyplavání

Na maximální průtok přepadající přes jez bylo provedeno orientační posouzení stability proti vyplavání s předpokladem, že štětová stěna jezové konstrukce varianty A a B, je vetknuta až do nepropustného podloží. Pro názornost posouzení byl použit součinitel snížení vztlaku $\alpha = 0,6$.



Obrázek 27: Schéma zatěžovacích stavů pro posouzení proti vyplavání

Tabulka 16: Součinitel pro snížení vztlaku [15]

Opatření proti vztlaku	Součinitel α
Žádné, vodorovně skalní vrstvy	1,0
Dobrá celistvá skála	0,5-0,65
Injektážní clona ve stejnorodé nepropustné skále	0,1-0,35
Injektážní clona ve skále s malými netěsnostmi	0,2-0,5
Injektážní clona ve značně rozpukané skále	0,4-0,7
Injektážní clona ve značně rozpukané skále s vodorovnými vrstvami	0,65-0,8
Drenáž pod spodní stavbou	0,4-0,8

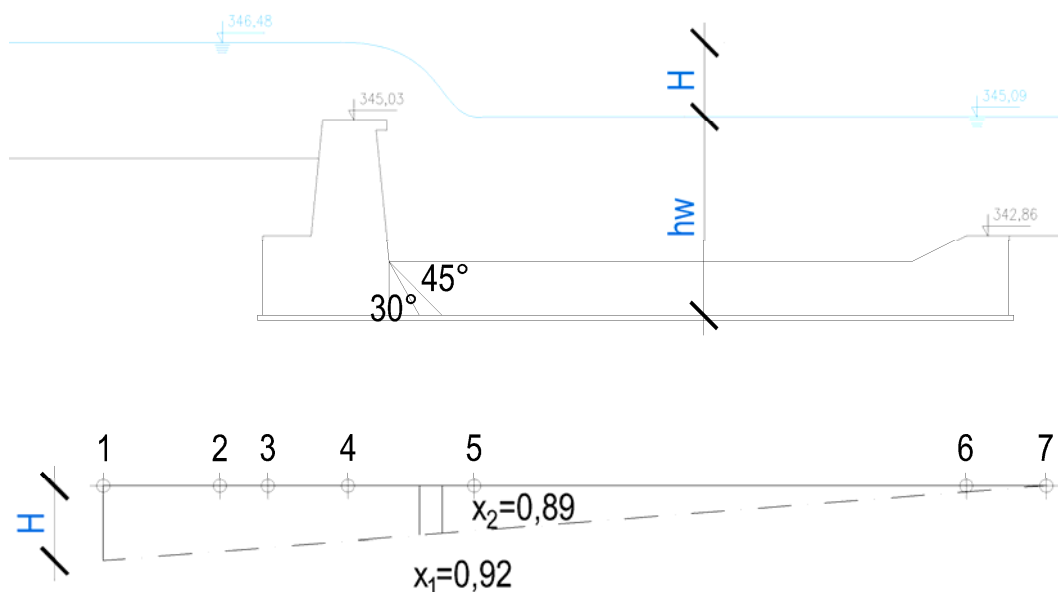
Tabulka 17: Posouzení jezové konstrukce proti vyplavání

ρ_B	2300	kg/m ³				
ρ_w	1000	kg/m ³				
g	9,81	m/s ²				
α (0,4-0,7)	0,6	[-]	Injektážní clona ve stejnorodé nepropustné skále			
Zatěžovací obrazec vztlaku stálého od dolní vody						
$A_{G1}=$	6,17	m ²	→	$F_{G1}=$	139,21	kN/m
$A_{G2}=$	11,45	m ²	→	$F_{G2}=$	258,35	kN/m
$A_{W1}=$	12,10	m ²	→	$F_{W1}=$	71,22	kN/m

$A_{W2}=$	41,34	m^2	→	$F_{W2}=$	243,32	kN/m												
$A_{W3}=$	4,76	m^2	→	$F_{W3}=$	46,70	kN/m												
Zatěžovací obrazec vztlaku stálého z přetlaku																		
$A_{W4}=$	1,08	m^2	→	$F_{W4}=$	6,36	kN/m												
$A_{W5}=$	2,30	m^2	→	$F_{W5}=$	13,54	kN/m												
$A_{W6}=$	5,46	m^2	→	$F_{W6}=$	32,14	kN/m												
<table><tr><td>$F_{G1} > F_{W1,4,5}$</td><td>$\Delta F_1=$</td><td>60,81</td><td>kN/m</td></tr><tr><td>$F_{G2} + F_{W3} > F_{W2,6}$</td><td>$\Delta F_2=$</td><td>29,59</td><td>$kN/m$</td></tr><tr><td>$F_G > F_W$</td><td>$\Delta F=$</td><td>90,40</td><td>$kN/m$</td></tr></table>							$F_{G1} > F_{W1,4,5}$	$\Delta F_1=$	60,81	kN/m	$F_{G2} + F_{W3} > F_{W2,6}$	$\Delta F_2=$	29,59	kN/m	$F_G > F_W$	$\Delta F=$	90,40	kN/m
$F_{G1} > F_{W1,4,5}$	$\Delta F_1=$	60,81	kN/m															
$F_{G2} + F_{W3} > F_{W2,6}$	$\Delta F_2=$	29,59	kN/m															
$F_G > F_W$	$\Delta F=$	90,40	kN/m															

Z uvedeného plyne, že navržené geometrické rozměry jezu sice vyhoví na posouzení proti vyplavání, avšak bylo zde použito zvolených aspektů, které nemusí odpovídat skutečnosti. Pro přesnější informace týkající se vlastností podloží pod jezem, by musel být proveden inženýrsko-geologický průzkum a objasnění původu prosakující vody.

6.8.2. Posouzení proti prolomení vývarové desky



Obrázek 28: Schéma posouzení navržené tloušťky vývarové desky proti prolomení

Posouzení navržené vývarové desky proti prolomení způsobené vztlakovou silou z přetlaku [11]:

$$t_d \geq 0,846 \cdot X \text{ [m]} \quad (6.14)$$

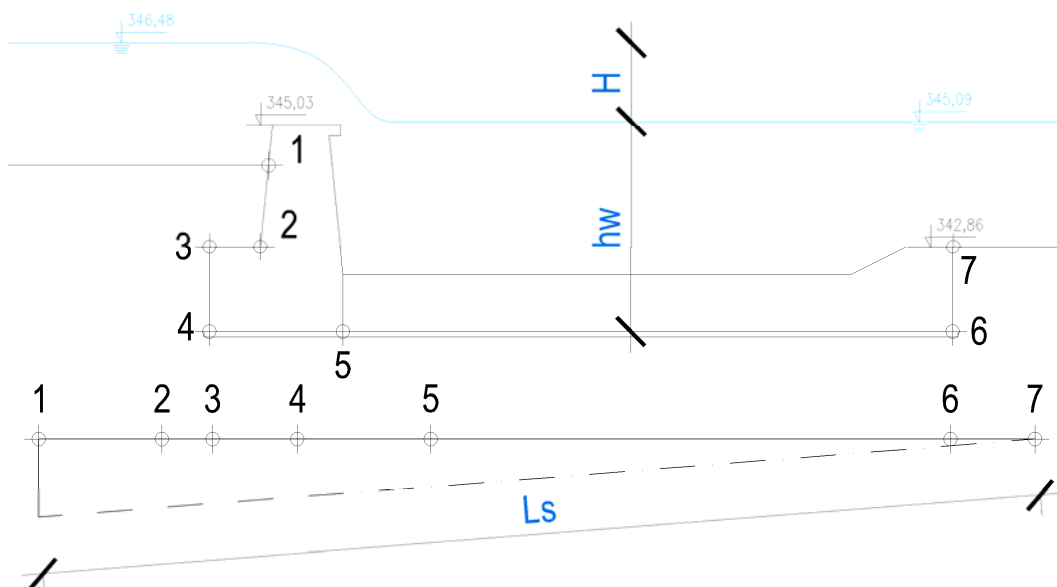
$$X = \frac{x_1 + x_2}{2} \quad (6.15)$$

6.8.3. Délka obtékaného obrysu

Pro určení minimální délky obtékaného obrysu je zapotřebí znát typ zeminy v podloží. Z následující tabulky byly odečteny hodnoty C_B a C_L pro oblázky a štěrkopísky.

Tabulka 18: Hodnoty součinitele C_R (Blight) a C_L (Lane) [11]

Popis zeminy	d_{ef}	C_B	C_L
velmi jemný písek	1	18	8,5
jemný písek	1 až 2	15	7
hrubý písek	2 až 6	12	5
drobné oblázky - šterkopísky	6 až 25	9	3,5 až 3
velké oblázky s valouny	25	4 až 6	2,5
měkký jíł	-	-	3
tuhý jíł	-	-	1,8
velmi tuhý jíł	-	-	1,6



Obrázek 29: Schéma délky obtékaného obrysu

Vztahy pro výpočet minimální délky obtékaného obrysu [11]:

$$L_n = c_R \cdot H \quad (6.16)$$

$$L_n = c_L \cdot H \quad (6.17)$$

Do výpočtu délky obtékaného obvodu byly uvažovány součinitele $c_B = 9$ a $c_L = 3,25$. Spád hladin je $H = 1,39$ m.

Tabulka 19: Posouzení minimální délky obtékaného obrysu dle Bligha

Posouzení obtékaného obrysu dle Bligha		
$L_S =$	20,25	m
$C_B =$	9	[-]
$H =$	1,39	m
$L_n =$	12,51	m
	$L_S > L_n$	

Skutečná délka obtékaného obrysu L_S vyhovuje podmínce $L_S > L_n$.

Tabulka 20: Posouzení minimální délky obtékaného obrysu dle Lanea

Posouzení obtékaného obrysu dle Lanea		
$L_S =$	20,25	m
$C_L =$	3,25	[-]
$H =$	1,39	m
$L_n =$	4,51	m
	$L_S > L_n$	

Skutečná délka obtékaného obrysu L_S vyhovuje podmínce $L_S > L_n$.

6.9. Rozdělení průtoků

Pro zachování minimálních průtoků na jednotlivých objektech mimo jez, jako rybího přechodu, sportovní vodácké propusti, odlehčovacího kanálu, jsou variantně navrženy dělení převedení běžných m-denních průtoků.

6.9.1. Rozdělení průtoků - varianta A

- Minimální odběr do odlehčovacího kanálu 1,34 m³/s
- Minimální průtok v rybím přechodu 0,283 m³/s
- Průtok ve sportovní vodácké propusti 0,380 m³/s
- Zavodnění hrany pevného jezu 0,123 m³/s

Zajištění průtoků podle priorit (ve všech variantách shodné):

- 1. Průtok do rybího přechodu
- 2. Průtok do sportovní vodácké propusti
- 3. Zavodnění hrany pevného jezu
- 4. Odběr do odlehčovacího kanálu

6.9.2. Rozdělení průtoků - varianta B

- Minimální odběr do odlehčovacího kanálu 1,34 m³/s
- Minimální průtok v rybím přechodu 0,76 m³/s
- Zavodnění hrany pevného jezu 0,123 m³/s

6.9.3. Rozdělení průtoků - varianta C

- Minimální odběr do odlehčovacího kanálu 0,31 m³/s
- Minimální průtok na rybí rampě 0,77 m³/s
- Průtok ve sportovní vodácké propusti 0,28 m³/s
- Zavodnění balvanitého skluzu 1,01 m³/s

6.9.4. Posouzení rozdělení průtoků

Z provedených výpočtů vyplývá, že při rozdělení průtoků v nadjezí, odlehčovací kanál převede průtok $Q = 29,00 \text{ m}^3/\text{s}$ a jezem protéká průtok $Q = 91,00 \text{ m}^3/\text{s}$. V úseku toku pod jezem po soutok s odlehčovacím kanálem tak dojde ke snížení hladiny cca o 0,13 až 0,41 m. Ve zmíněném úseku je možné zmenšit návrh příčných profilů, popsanych v projektové dokumentaci "Opatření v úseku Brantice" vypracované společností Pöyry Environment a. s., dnes Aquatis a. s.

Tabulka 21: Porovnání hladin před a po rozdělení průtoků

Staničení	Profil	Dno	Hladina studie	Hladina model	Hladina model
(km)		(m n. m.)	(m n. m.)	(m n. m.)	(m n. m.)
0,637	6	342,86	345,53	345,54	345.12
0,626	Silniční most				
0,619	8	342,76	345,4	345,42	345.01
0,582	9	342,54	345,16	345,18	344.79
0,531	10	342,24	345,09	345,07	344.69
0,522	Lávka				
0,513	12	342,13	344,06	344,95	344.59
0,49	12A	342,00	344,56	344,58	344.26
0,463	13A	341,84	344,52	344,60	344.28
0,44	13	341,70	344,54	344,46	344.18
0,382	14	341,49	344,05	344,03	343.92
0,282	15	341,13	343,73	343,74	343.76

6.10. Zkapacitnění odlehčovacího kanálu

Kapacita stávajícího náhonu k MVE byla spočítána programem HEC-RAS na hodnotu $Q = 15 \text{ m}^3/\text{s}$. Za stávajícími stavidly však bylo zaznamenáno značné množství usazenin, proto se provedl návrh, kde bylo uvažováno jejich vytěžení, čímž se náhon zkapacitnil. Dojde tak též k upravení podélného sklonu na hodnotu 4‰. Břehy budou lokálně opraveny bez dalších výrazných stavebních zásahů.

Tabulka 22: Posouzení stávajícího náhonu programem HEC - RAS

Staničení	Q_n	A	Q	Dno	Hladina	Pravý břeh	Levý břeh	Vybřežení P. B	Vybřežení L. B.
(km)	(m^3/s)	(m^2)	(m^3/s)	(m n. m.)	(m n. m.)	(m n. m.)	(m n. m.)	(m n. m.)	(m n. m.)
0.330	15.00	9.16	29.00	344.30	346.06	346.60	346.59	0.54	0.53
0.326	15.00	9.82	29.00	344.20	346.06	346.68	346.59	0.62	0.53
0.320	15.00	9.48	29.00	344.21	346.04	346.71	345.96	0.67	-0.08
0.310	15.00	7.13	29.00	344.84	345.90	346.90	346.02	1.00	0.12
0.296	15.00	5.62	29.00	344.76	345.63	347.09	346.04	1.46	0.41
0.274	15.00	8.06	29.00	344.28	345.55	347.27	346.14	1.72	0.59
0.181	15.00	5.75	29.00	343.88	344.57	345.56	345.58	0.99	1.01
0.152	15.00	10.81	29.00	341.88	343.04	345.56	345.58	2.52	2.54
0.011	15.00	8.78	29.00	341.14	342.63	344.32	344.25	1.70	1.62
0.000	15.00	8.12	29.00	341.27	342.56	344.05	343.67	1.49	1.11

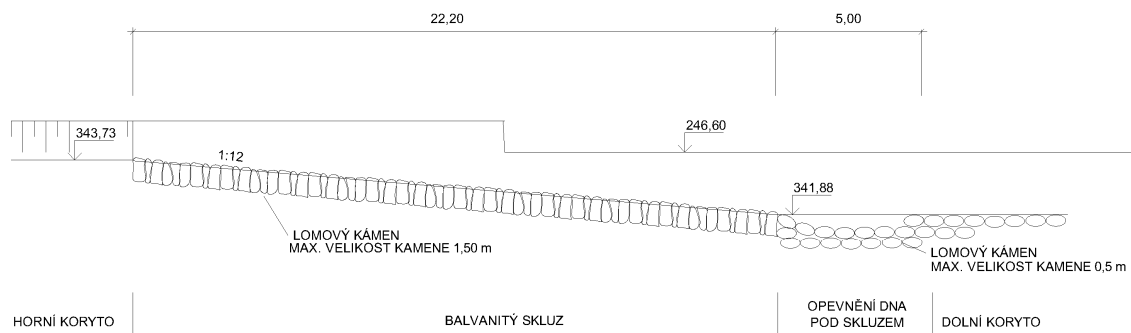
Tabulka 23: Ověření kapacity odlehčovacího kanálu programem HEC - RAS

Staničení	Q_n	A	Q	Dno	Hladina	Pravý břeh	Levý břeh	Vybřežení P. B	Vybřežení L. B.
(km)	(m^3/s)	(m^2)	(m^3/s)	(m n. m.)	(m n. m.)	(m n. m.)	(m n. m.)	(m n. m.)	(m n. m.)
0.330	29.00	8.40	29.00	344.30	345.92	346.60	346.59	0.68	0.67
0.326	29.00	8.78	29.00	344.28	345.91	346.68	346.59	0.77	0.68
0.320	29.00	9.82	29.00	344.26	345.93	346.71	345.96	0.78	0.03
0.310	29.00	12.54	29.00	344.22	346.00	346.90	346.02	0.90	0.02
0.296	29.00	14.27	29.00	344.14	345.99	347.09	346.04	1.10	0.05
0.274	29.00	12.22	29.00	344.07	345.82	347.27	346.14	1.45	0.32
0.181	29.00	8.92	29.00	343.88	344.95	345.56	345.58	0.61	0.63
0.152	29.00	18.19	29.00	341.88	343.83	345.56	345.58	1.73	1.75
0.011	29.00	14.02	29.00	341.14	343.21	344.32	344.25	1.11	1.04
0.000	29.00	13.04	29.00	341.27	343.13	344.05	343.67	0.92	0.54

Koryto náhonu není dostatečně zaměřeno, tedy hodnoty získané z programu HEC-RAS je nutno brát orientačně.

6.10.1. Návrh balvanitého skluzu namísto MVE

Ve všech variantách je uvažováno se zrušením MVE, místo ní bude vybudován balvanitý skluz se sklonem 1:12 a délkou 22,20 m. Šířka přelivné hrany je 8,42 m.



Obrázek 30: Schéma skluzu v odlehčovacím kanále

Tabulka 24: Hydrotechnický výpočet skluzu v odlehčovacím kanále

Skluz - odlehčovací kanál						
Dno nad rampou		343,73	m n. m.			
Dno pod rampou		341,88	m n. m.			
Přelivná hrana skluzu		343,80	m n. m.			
Břeh		345,00	m n. m.			
$b_1 =$	8,42	[m]		$D =$	1,50	[m]
$m =$	1:	0,1		$m =$	1:	12
$i =$	0,004	[-]		$h_{\text{přepad.výš.}} =$	0,32	
$n =$	0,10	[-]		$h_{\text{bal. skluzu}} =$	1,85	[m]
$h =$	1,40	m		$L =$	22,20	[m]
$A =$	14,59	m ²		$C_s =$	0,90	[-]
$O =$	14,68	[m]		$v_{vs} =$	7,85	[m/s]
$R =$	0,99	[m]		$b_1 =$	8,42	[m]
$C =$	9,99	[m ^{0,5} /s]		$m' =$	1:	1,5
$v =$	0,63	[m/s]		$i =$	0,083	[-]
$h_0 =$	1,42	[m]		$n =$	0,10	[-]
C	0,50	[-]		$h =$	1,42	[m]
C/h_0	2,47	[-]		$A =$	13,89	[m ²]
p_1 / h_0	0,05	[-]		$O =$	13,54	[m]
M	1,71	[-]		$R =$	1,03	[m]
M'	1,71	[-]		$C =$	10,04	[m ^{0,5} /s]
σ	1,00	[-]		$v_s =$	2,94	[m/s]
A	1,00	[-]		$Q =$	29,30	[m³/s]
K	1,00	[-]		$q =$	3,48	[m ² /s]
		v_{vs}	>	v_s	VYHOVUJE	
		7,85	>	2,94	[m.s ⁻¹]	

6.11. Zhodnocení navržených variant

Předložená diplomová práce řeší rekonstrukci pevného jezu v obci Brantice ve variantě, se kterou nebylo zatím uvažováno v žádné současné projektové dokumentaci. Na základě požadavku správce vodního toku, Povodí Odry, byla řešena varianta, při které je uvažováno se zrušením stávající MVE a s využitím náhonu jako odlehčovacího kanálu. Součástí rekonstrukce jezu je také návrh rybího přechodu a sportovní vodácké propusti. Navržené řešení je ověřeno hydrotechnickými výpočty provedenými v programu Excel a HEC-RAS. Pro výpočet průběhu hladin nad a pod objektem jezu jsou použity podklady z projektové dokumentace „Opatření v úseku Brantice“, zaměřené na návrh úpravy koryta toku v řešené lokalitě.

Návrh rekonstrukce jezu byl zpracován ve třech variantách A, B a C, které jsou popsány v kapitolách 5.2, 5.3 a 5.4

Stávající náhon s MVE byl ve všech řešených variantách uvažován tak, že v návrhu dojde ke zrušení stávající MVE a náhon bude využit jako odlehčovací kanál s kapacitou $29,00 \text{ m}^3/\text{s}$. Zkapacitnění koryta dojde odtěžením sedimentů před navrženým balvanitým skluzem v odlehčovacím kanále.

Řešení varianty A spočívá v návrhu lichoběžníkového jezu s kapacitním průtokem přes jezové těleso $87,66 \text{ m}^3/\text{s}$ a návrhu sportovní vodácké propusti a technického šterbinového rybího přechodu v místě stávající šterkové propusti. Kapacitní průtok vodácké propusti je $7,76 \text{ m}^3/\text{s}$ a rybího přechodu je $5,59 \text{ m}^3/\text{s}$. Rybí přechod je navržen jako šterbinový a pro provoz a údržbu se jeví jako ideální varianta. Celková kapacita jezového profilu převede $101,01 \text{ m}^3/\text{s}$. S využitím odlehčovacího kanálu je celková kapacita objektů $130,01 \text{ m}^3/\text{s}$. Pro návrh spodní stavby (vývaru) bylo uvažováno s kapacitním průtokem lichoběžníkového jezu a na tento průtok byly navrženy rozměry vývaru. Délka $10,00 \text{ m}$ a hloubka $0,50 \text{ m}$, takto navržený jez vyhoví při posouzení na prolomení vývarové desky, vyplavání a délku obtékaného obrysu.

Řešení varianty B je téměř totožné s variantou A, je zde uvažováno s lichoběžníkovým jezem s kapacitním průtokem $87,66 \text{ m}^3/\text{s}$. Změnou oproti variantě A je návrh technického kartáčového rybího přechodu s využitím pro vodáky jako sportovní vodácké propusti v místě stávající šterkové propusti. Kapacitní průtok kartáčového průtoku je $16,25 \text{ m}^3/\text{s}$. Kartáčový rybí přechod je pro budoucí provoz nákladný, protože životnost jednotlivých kartáčů je pouze okolo 5let. Je tedy nutné uvažovat dalšími investicemi do oprav kartáčového rybího přechodu. Celková kapacita jezového profilu činí $103,91 \text{ m}^3/\text{s}$. S využitím odlehčovacího kanálu je celková kapacita objektů $132,91 \text{ m}^3/\text{s}$. Pro návrh spodní stavby (vývaru) bylo uvažováno s kapacitním průtokem lichoběžníkového jezu a na tento průtok byly navrženy rozměry vývaru. Délka $10,00 \text{ m}$ a hloubka $0,50 \text{ m}$, takto navržený jez vyhoví při posouzení na prolomnění vývarové desky, vyplavání a délku obtékaného obrysu

Variantní řešení C je navrženo na stav kompletního zrušení stávajícího pevného jezu se šterkovou propustí a nahrazení zmíněných staveb balvanitým kluzem s kapacit-

ním průtokem $98,67 \text{ m}^3/\text{s}$. Vybudování balvanitého je realizačně velmi náročné z důvodu pokládání jednotlivých kamenů na štět. Zároveň při malých průtocích může dojít k zanášení balvanitého skluzu. Ve variantě C je navržena sportovní vodácká propust s kapacitním průtokem $7,13 \text{ m}^3/\text{s}$ a rybí rampa s kapacitním průtokem $24,57 \text{ m}^3/\text{s}$. Celková kapacita v jezovém profilu je $130,37 \text{ m}^3/\text{s}$. S využitím odlehčovacího kanálu je celková kapacita objektů $159,37 \text{ m}^3/\text{s}$.

Z uvedených variant se při zohlednění jednotlivých hledisek budoucího provozu a finanční náročnosti při údržbě objektu rybího přechodu jeví jako nejvýhodnější varianta A. Svým řešením dokáže být funkční za relativně nízkých provozních nákladů.

V programu HEC-RAS byl proveden výpočet průběhu hladiny návrhového průtoku $Q = 120,00 \text{ m}^3/\text{s}$ v řešeném úseku toku ř. km 78,340, který zahrnuje také výpočet hladiny v odlehčovacím kanálu. Výpočet byl proveden pro variantu A, která byla vyhodnocena jako vhodné řešení.

Z provedených výpočtů vyplývá, že nad jezem dojde k rozdělení průtoku tak, že odlehčovací kanál převede průtok $Q = 29,00 \text{ m}^3/\text{s}$ a korytem toku pod jezem protéká průtok $Q = 91,00 \text{ m}^3/\text{s}$. V úseku toku pod jezem po soutok s odlehčovacím kanálem dojde ke snížení hladiny cca o 0,1 až 0,4 m, viz kapitola 6.9.4. Porovnání rozdělení průtoků. Ve zmíněném úseku je možné zmenšit návrh příčných profilů, popsanych v projektové dokumentaci "Opatření v úseku Brantice" vypracované společností Pöyry Environment a. s., dnes Aquatis a. s.

Z provedeného posouzení vyplývá, že zmenšení velikosti průtočných profilů v úseku pod jezem po soutok s odlehčovacím kanálem není zásadní.

7. Závěr

Cílem diplomové práce bylo vytvoření variantního řešení rekonstrukce jezu v obci Brantice k již navržené projektové dokumentaci s protipovodňovým opatřením firmy Pöyry Environment a. s., dnes Aquatis a. s.

Práce byla rozdělena na část teoretickou a část praktickou. Teoretický úsek byl zaměřen na popis lokality s výpisem přírodních poměrů, na základní členění jezových konstrukcí a rybích přechodů, které jsou nedílnou součástí návrhu variantního řešení v praktické části práce. Zmíněny byly taktéž balvanité skluzy a vodácké propusti.

Praktický úsek započal terénní obchůzkou lokality a nafocení stávajícího stavu jezu.

Na základě známého návrhového průtoku a průběhu hladiny byl vytvořen matematický model v programu HEC-RAS a následně kalibrován na vstupní údaje, pokračování bylo ve vytvoření hydrotechnických výpočtů v programu Excel pro samotnou jezovou konstrukci, poté pro jednotlivé objekty jako rybí přechod, odlehčovací kanál, atd.

V rámci řešení diplomové práce byly zpracovány tři varianty návrhu rekonstrukce jezu, kombinující požadavky práce tak, aby byla dostatečně vypovídající a použitelná na úrovni studie.

Jelikož se v jednotlivých návrzích nepředpokládá se zachováním stávající MVE, je náhon posuzován jako budoucí odlehčovací kanál.

Stávající náhon byl v podkladech nedostatečně popsán, k dispozici bylo pouze zaměření úseku náhonu o délce cca 15 m na vtoku do náhonu a cca 10 m v místě zaústění do řeky Opavy. Z tohoto důvodu bylo v práci předpokládáno výškové umístění dna náhonu tak, aby vyhovovalo danému řešení a aby došlo k plynulému napojení na zaměřené profily. V rámci řešení tedy bylo navrženo zkapacitnění náhonu – odlehčovacího kanálu a dále bylo upraveno výškové uspořádání dna. V případě, že by s řešením rekonstrukce jezu, popsaném ve variantě A bylo reálně uvažováno, bylo by nezbytné provést doměření náhonu a zpřesnění výpočtu kapacity.

Navržená řešení, tedy varianta A, B a C, byla zakreslena do situačních výkresů. Všechny varianty jsou společně zakresleny v Situaci katastru nemovitostí a pro přehlednost v Situaci širších vztahů.

Pro variantu A, která se zhodnocením navržených řešení stala stěžejní, byly vytvořeny řezy všech objektů týkající se rekonstrukce jezu. Pro variantu B a C byly vytvořeny pouze schémata usnadňující orientaci v hydrotechnických výpočtech.

Zadání práce, které vyžadovalo návrh rekonstrukce jezu v obci Brantice se zadanými objekty, bylo splněno. Byly vytvořeny a propočítány tři návrhy řešení, z nich byla vybrána nejvhodnější varianta, pro kterou byl zpracován grafické výstup.

8. Seznam použitých zdrojů

- [1] TNV 75 2321: Zprůchodňování migračních bariér rybími přechody. Praha, 2011.
- [2] TNV 75 2303: Jezy a stupně. Praha, 2014.
- [3] Metodika využití kartáčové technologie pro zajištění a zlepšení migrační propustnosti vodních toků [online]. In: HORKÝ, Pavel, Ondřej SLAVÍK, Zdeněk VANČURA a David BŮŽEK. 1. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2013. ISBN 978-80-7212-590-6.
- [4] HÁNOVÁ, Kateřina, HLADÍK, Milan, HÁLA, Robin, TOMEK, Martin. Studie proveditelnosti zprůchodnění migračních překážek na vodních tocích v povodí Vltavy. Praha: Povodí Vltavy, 2011.
- [5] VRÁNA, Karel a kol. Rybí přechody: Standardy péče o přírodu a krajinu. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2014.
- [6] ČIHÁK, František, MEDŘICKÝ, Vladimír. Hydrotechnické stavby 20, Navrhování jezů. Praha: ČVUT
- [7] ŠLEZINGER, Miloslav. Hydrotechnické stavby I, modul 3 Ekobiologická úprava toku, návrh pevného jezu. Brno: , 2005
- [8] ZÁSTĚRA, Zdeněk a kolektiv. Balvanité skluzy. Brno: , 1984
- [9] ŠVANCARA Jiří, WOJTEK, Pavel, Opatření na horní Opavě, Pöyry Enviroment a. s., Brno, 2010
- [10] Územní plán obce Brantice, obec Brantice, 2012
- [11] Výbora, Pavel a Otto Posedník. Navrhování jezů Vydání I. Brno: Vysoké učení technické, 1989, 139 s. ISBN 80-214-1070-1.
- [12] HYDROEKOLOGICKÝ INFORMAČNÍ SYSTÉM VÚV TGM: Mapa VH a ochrana vod [online]. [cit. 2017-01-13]. Dostupné z: http://heis.vuv.cz/data/webmap/isapi.dll?map=mp_heis_voda&TMPL=AJAX_MAIN&IFRA-ME=1&LEGEND_HIDE=0&QUERY_SELECTION=1&FULLTEXT_CHECKED=1
- [13] GALGÁNEK, Jan, Jana KYPÚSOVÁ, Pavel LIPINA a Jiří MANÍČEK. Zelené město Krnov: Zpráva o životním prostředí města Krnova [online]. Krnov, 2005 [cit. 2017-01-11]. Dostupné z: http://www.krnov.cz/assets/File.ashx?id_org=7455&id_dokumenty=13777
- [14] REINHARD, Hassinger, Versuchsanstalt und Prüfstelle für Umwelttechnik und Wasserbau, Universität Kassel, 2010

- [15] ČIHÁK, František a Vladimír MEDŘICKÝ. Hydrotechnické stavby 20: navrhování jezů. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2001. ISBN 80-01-02402-4.
- [16] ISOP: MapoMat. TOMÁŠEK, Michal, Ludvík ŠKAPEC a Jan ZÁRYBNICKÝ. MapoMat [online]. Praha: Oddělení vývoje a správy aplikací, SVSL AOPK ČR, 2012 [cit. 2017-01-02]. Dostupné z: <http://mapy.nature.cz/>.
- [17] Aquatest. Územní plán Brantice: Brantice - SEA. Brantice, 2012. Dostupné také z: <http://www.brantice.cz/file.php?nid=748&oid=2930948>.
- [18] GeoPORTAL: INSPIRE Committee [online]. Praha: CENIA, česká informační agentura životního prostředí, 2012 [cit. 2017-01-12]. Dostupné z: <https://geoportal.gov.cz/web/guest/map>.
- [19] ČSN 75 7221: Jakost vod - Klasifikace jakosti povrchových vod. 2. Praha: Český normalizační institut, 1998.
- [20] ŠLEZINGR, Miloslav. Revitalizace toků: Příspěvek k problematice úprav vodních toků. 1. Brno: VUTIUM, 2010. ISBN 978-80-214-3942-9.
- [21] MEDŘICKÝ, Vladimír a Petr VALENTA. Hydrotechnické stavby 1: navrhování jezů. Vyd. 2., přeprac. V Praze: České vysoké učení technické, 2009. ISBN 978-80-01-04309-7.
- [22] JANDORA, Jan a ŠULC, Jan: Hydraulika - Modul 01 - Studijní elektronická opora, Brno: FAST VUT v Brně, 2007.
- [23] VÝBORA, Pavel. Jezy: Určeno pro posl. fak. stavební. 1. vyd. Praha: SNTL, 1985, 146 s.
- [24] ČÁBELKA, J.; KUNŠTÁTSKÝ, J. Jezy. Praha: SNTL, 1966. 555 s.
- [25] ZÁSTĚRA, Zdeněk a kolektiv. Balvanité skluzy. Brno: Tisk n. p. Brno, 1984.
- [26] ENVICONS s.r.o. KOMPLEXNÍ ŘEŠENÍ PRO VODU A KRAJINU. [online]. 2011-2013 [cit. 2017-01-12]. Dostupné z: <http://www.envicons.cz/index.php?part=reference&id=41>
- [27] ČVUT, Rybochody. Praha. [online]. [cit. 2016-12-08]. Dostupné z: http://storm.fsv.cvut.cz/on_line/tok1/Rybochody.pdf

9. Seznam tabulek

<i>Tabulka 1: Průměrné údaje srážek [13]</i>	4
<i>Tabulka 2: Průměrné údaje teplot [13]</i>	5
<i>Tabulka 3: Použité součinitele drsností omočeného obvodu</i>	33
<i>Tabulka 4: Výstup kalibrovaných hodnot</i>	34
<i>Tabulka 5: Měrná křivka Smetanovy přelivné plochy</i>	36
<i>Tabulka 6: Měrná křivka lichoběžníkového jezu</i>	38
<i>Tabulka 7: Balvanitý skluz</i>	39
<i>Tabulka 8: Návrh tloušťky vývarové deky</i>	41
<i>Tabulka 9: Hodnoty součinitele K pro návrh délky vývařiště [11]</i>	42
<i>Tabulka 10: Návrh délky vývaru</i>	42
<i>Tabulka 11: Výpočet rybí rampy</i>	45
<i>Tabulka 12: Minimální průtok do sportovní vodácké propusti - varianta A</i>	46
<i>Tabulka 13: Minimální průtok do sportovní vodácké propusti – varianta B</i>	47
<i>Tabulka 14: Minimální průtok do sportovní vodácké propusti - varianta C</i>	47
<i>Tabulka 15: Kapacitní průtok přes práh do odlehčovacího kanálu</i>	49
<i>Tabulka 16: Součinitel pro snížení vztlaku [15]</i>	50
<i>Tabulka 17: Posouzení jezové konstrukce proti vyplavání</i>	50
<i>Tabulka 18: Hodnoty součinitele c_B (Blight) a c_L (Lane) [11]</i>	52
<i>Tabulka 19: Posouzení minimální délky obtékaného obrysu dle Blighta</i>	53
<i>Tabulka 20: Posouzení minimální délky obtékaného obrysu dle Lanea</i>	53
<i>Tabulka 21: Porovnání hladin před a po rozdělení průtoku</i>	54
<i>Tabulka 22: Posouzení stávajícího náhonu programem HEC - RAS</i>	55
<i>Tabulka 23: Ověření kapacity odlehčovacího kanálu programem HEC - RAS</i>	55
<i>Tabulka 24: Hydrotechnický výpočet skluzu v odlehčovacím kanále</i>	56

10. Seznam obrázků

<i>Obrázek 1: Vodohospodářská mapa 1:50 000 klad 15-13 [12]</i>	2
<i>Obrázek 2: Detail lokality z vodohospodářské mapy 15-13 [12]</i>	3
<i>Obrázek 3: Klimatické poměry [16]</i>	4
<i>Obrázek 4: Číslo hydrologického pořadí [12]</i>	5
<i>Obrázek 5: Pedologie [18]</i>	6
<i>Obrázek 6: Lesní poměry [18]</i>	7
<i>Obrázek 7: Čistota vod [12]</i>	7
<i>Obrázek 8: Rybí pásma [12]</i>	8
<i>Obrázek 9: Tvary přelivných hran: čelní, šikmý, obloukový, lomený a boční přeliv [22]</i>	9
<i>Obrázek 10: Tvar koruny pevného jezu [21]</i>	10
<i>Obrázek 11: Popis pevného jezu [23]</i>	10
<i>Obrázek 12: Popis pohyblivého jezu [23]</i>	11
<i>Obrázek 13: Typy pohyblivých jezů [24]</i>	12
<i>Obrázek 14: Schéma pro výpočet přepadového množství</i>	13
<i>Obrázek 15: Součinitel tvaru piliře [22]</i>	14
<i>Obrázek 16: Součinitel přepadu pro lichoběžníkový tvar jezu [22]</i>	14
<i>Obrázek 17: Součinitel zatopení pro přepad přes jez [22]</i>	14
<i>Obrázek 18: Schéma balvanitého skluzu [25]</i>	15
<i>Obrázek 19: Součinitel vlivu sklonu skluzu na stabilitu kamene [25]</i>	15
<i>Obrázek 20: Maximální výšky skluzu v m [25]</i>	16
<i>Obrázek 21: Obtokový rybí přechod (bypass) [26]</i>	19
<i>Obrázek 22: Tůňový rybí přechod [27]</i>	19
<i>Obrázek 23: Štěrbínový rybí přechod [27]</i>	20
<i>Obrázek 24: Kartáčový rybí přechod na jezu Budín [3]</i>	21
<i>Obrázek 25: Schéma Smetanovy přelivné plochy [vlastní]</i>	36
<i>Obrázek 26: Schéma lichoběžníkového jezu [vlastní]</i>	38
<i>Obrázek 27: Schéma zatěžovacích stavů pro posouzení proti vyplavání</i>	50
<i>Obrázek 28: Schéma posouzení navržené tloušťky vývarové desky proti prolomení</i>	51
<i>Obrázek 29: Schéma délky obtékaného obrysu</i>	52
<i>Obrázek 30: Schéma skluzu v odlehčovacím kanále</i>	56

11. Seznam grafů

<i>Graf 1: Měrná křivka Smetanovy přelivné plochy</i>	<i>37</i>
<i>Graf 2: Měrná křivka lichoběžníkového jezu</i>	<i>39</i>

12. Seznam příloh

- P.1. Hydrotechnické výpočty
- P.2. Situace širších vztahů
- P.3. Situace katastru nemovitostí - varianta A
- P.4. Situace katastru nemovitostí - varianta B
- P.5. Situace katastru nemovitostí - varianta C
- P.6. Koordinální situační výkres - varianta A
- P.7. Koordinální situační výkres - varianta B
- P.8. Koordinální situační výkres - varianta C
- P.9. Podélný řez A-A
- P.10. Příčný řez B-B
- P.11. Příčný řez C-C
- P.12. Příčný řez D-D
- P.13. Příčný řez E-E
- P.14. Seznam parcel dotčených stavbou
- P.15. Fotodokumentace